

JURNAL REKAYASA TEKNIK SIPIL

REKATS



UNESA

Universitas Negeri Surabaya



JURNAL ILMIAH TEKNIK SIPIL	VOLUME: 03	NOMER: 03	HALAMAN: 228-235	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 EJOURNAL.....	i
DAFTAR ISI.....	ii

- Vol 3 Nomer 3/rekat/16 (2016)

PENGARUH PENAMBAHAN <i>SILICA FUME</i> PADA <i>POROUS CONCRETE BLOCK</i> TERHADAP NILAI KUAT TEKAN DAN PERMEABILITAS	
--	--

<i>Eko Febrianto, Arie Wardhono,</i>	01 – 08
--	---------

PEMANFAATAN ABU TERBANG LIMBAH BATU BARA TERHADAP KUAT TEKAN DAN TINGKAT POROSITAS <i>PAVING STONE</i> BERPORI	
--	--

<i>Firman Ganda Saputra, Arie Wardhono,</i>	09 – 12
---	---------

PENGARUH PENGGUNAAN BAHAN <i>ADMIXTURE</i> SIKACIM TERHADAP PENGUATAN KUAT TEKAN DAN PERMEABILITAS <i>PERMEACONCRETE PAVING STONE</i>	
---	--

<i>Kukuh Ainnurdin, Arie Wardhono,</i>	13 – 22
--	---------

PENGARUH POLA ALIRAN PADA SALURAN PELIMPAH SAMPING AKIBAT DARI PENEMPATAN <i>SPLLWAY</i> DENGAN TIPE MERCU OGEE WADUK WONOREJO	
--	--

<i>Binti Hidayatul Ma'rifah, Kusnan,</i>	23 – 34
--	---------

ANALISIS HUBUNGAN TEMPERATUR DAN KUAT TEKAN BETON PADA PEKERJAAN BETON MASSA (<i>MASS CONCRETE</i>) DENGAN METODE <i>PORTLAND CEMENT ASSOCIATION (PCA)</i> DAN <i>U.S. BUREAU OF RECLAMATION</i>	
--	--

<i>Sandy Sahrawani, Mochamad Firmansyah S,</i>	35 – 44
--	---------

ANALISA KAPASITAS SALURAN SEBAGAI PENGENDALI BANJIR DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM <i>HEC-RAS</i> PADA DRAINASE SUB DAS GULOMANTUNG KECAMATAN KEBOMAS, KABUPATEN GRESIK	
---	--

<i>Ahmad Rifky Saputra, Nurhayati Aritonang,</i>	45 – 54
--	---------

ANALISA FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI KINERJA WAKTU
PELAKSANAAN PROYEK KONSTRUKSI DI WILAYAH SURABAYA

Hendrita Abraham Angga Purnomo, Mas Suryanto H.S, 55 – 63

PENGARUH PEMILIHAN JARAK PANDANG DALAM MENENTUKAN PANJANG
LENGKUNG VERTIKAL CEMBUNG TERHADAP BIAYA PELAKSANAAN JALAN BARU

Arthur Diaz Mickael Devisi, Ari Widayanti, Anita Susanti, 64 – 70

PENGEMBANGAN DISTIBUSI AIR BERSIH SUMBER DLUNDUNG DESA TRAWAS
KECAMATAN TRAWAS KABUPATEN MOJOKERTO

Mochammad Zainal Abidin, Djoni Irianto, 71 – 79

STUDI EKSPERIMENTAL BUKAAN GANDA TERHADAP KAPASITAS LENTUR BALOK
BETON BERTULANG

Mohamad Mesranto, Bambang Sabariman, 80 – 87

ANALISA PERENCANAAN STRUKTUR ATAS JEMBATAN RANGKA BAJA TIPE CAMEL
BACK TRUSS

Ria Dewi Sugiyono, Sutikno, 88 – 93

PENGARUH PENGOPTIMASIASI PEMASANGAN LETAK BAUT DENGAN JARAK TEPI
PADA SAMBUNGAN PELAT TARIK

Donna Monika Fembrianto, Arie Wardhono, 94 – 101

STUDI EKSPERIMENTAL BUKAAN GANDA DENGAN LETAK DI ATAS GARIS NETRAL
TERHADAP KAPASITAS GESER BALOK BETON BERTULANG

Siswo, Bambang Sabariman,102 – 111

ANALISIS KEHILANGAN TINGGI TEKAN PADA JARINGAN PIPA DISTRIBUSI AIR
BERSIH PDAM KECAMATAN DRIYOREJO, KABUPATEN GRESIK

Amilina Kartika Permatasari, Nurhayati Aritonang,112 – 120

ANALISIS DESAIN JEMBATAN KOMPOSIT GELAGAR BAJA MENGGUNAKAN STRUKTUR NON-PRISMATIK

Anneke Jayanti Anggraini, Karyoto,.....121 – 129

PENGARUH PANJANG LEWATAN (*ld*) DENGAN SAMBUNGAN MEKANIS PERSEGI ENAM TERHADAP KUAT TARIK BAJA TULANGAN

Sandi Andika Surya Putra, Andang Wijaya, 130 – 137

STUDI PENGGUNAAN CATALYST, MONOMER, DAN KAPUR SEBAGAI MATERIAL PENYUSUN BETON RINGAN SELULER

Muhammad Fadhlurrahman Hazim, Krisna Dwi Handayani, Yogie Risdianto,138 – 149

STUDI DETAIL PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS PERIKANAN DAN KELAUTAN UNIVERSITAS AIRLANGGA SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN OPENFRAME TANPA RIGID FLOOR DIAFRAGMA DAN OPENFRAME DENGAN RIGID FLOOR DIAFRAGMA BERDASARKAN SNI 1726:2002 DAN SNI 2847:2013

Devi Arsyana, Sutikno, Yogie Risdianto,.....150 – 161

STUDI DETAIL PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS PERIKANAN DAN KELAUTAN UNIVERSITAS AIRLANGGA SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN OPENFRAME TANPA RIGID FLOOR DIAFRAGMA DAN OPENFRAME DENGAN RIGID FLOOR DIAFRAGMA BERDASARKAN SNI 1726:2012 DAN SNI 2847:2013

Lina Andriyani, Sutikno, Yogie Risdianto,162 – 171

STUDI PENGGUNAAN CATALYST, MONOMER, DAN FLY ASH SEBAGAI MATERIAL PENYUSUN BETON RINGAN SELULAR

Gatot Setyo Utomo, Krisna Dwi Handayani, Yogie Risdianto,172 – 179

PERENCANAAN BALOK KOMPOSIT NON-PRISMATIS JEMBATAN UNDERPASS KERETA API PADA PROYEK PEMBANGUNAN TOL SURABAYA-MOJOKERTO JAWA TIMUR

Febri Junaidi, Karyoto,180 – 192

ANALISA DAN STUDI EKSPERIMENTAL BUKAAN TUNGGAL DI ATAS GARIS TENGAH PENAMPANG TERHADAP KEKUATAN LENTUR BALOK BETON BERTULANG

Sigit Triwibowo, Bambang Sabariman,193 – 200

ANALISIS KINERJA BIAYA DAN WAKTU PELAKSANAAN PEMBANGUNAN MY TOWER HOTEL & APARTMENT PROJECT MENGGUNAKAN METODE NILAI HASIL (EARNED VALUE)

Merry Mareta, Krisna Dwi Handayani,201 – 210

PENGARUH PENAMBAHAN CATCHMENT AREA TERHADAP DEBIT ALIRAN PADA SISTEM DRAINASE PERKOTAAN PERUMAHAN PURI SURYA JAYA CLUSTER VALENCIA SPRING DI KECAMATAN GEDANGAN KABUPATEN SIDOARJO

Tati Rachmawati, Kusnan,211 – 220

PERENCANAAN ULANG GEDUNG FAVE HOTEL KALI RUNGKUT SURABAYA DENGAN STRUKTUR BAJA BETON KOMPOSIT

Abdul Halim, Andang Widjaja,221 – 227

PENGARUH PENAMBAHAN KERAK TANUR TINGGI SLAG TERHADAP POROSITAS DAN PERMEABILITAS BETON GEOPOLYMER BERBAHAN DASAR ABU TERBANG DAN NAOH 10 MOLAR

M. Nur Fahmi Fauzi, Arie Wardhono,228 – 235



PENGARUH PENAMBAHAN KERAK TANUR TINGGI SLAG TERHADAP POROSITAS DAN PERMEABILITAS BETON GEOPOLYMER BERBAHAN DASAR ABU TERBANG DAN NAOH 10 MOLAR

M. Nur Fahmi Fauzi

Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya

M.Nur.Fahmi.Fauzi@gmail.com

Abstrak

Pembangunan di dunia konstruksi yang terus berkembang menyebabkan kebutuhan beton yang semakin meningkat yang menyebabkan kebutuhan semen akan meningkat pula. Adanya proses produksi semen menghasilkan gas CO₂ dalam jumlah banyak, untuk menyederhanakan 1 ton semen dapat menghasilkan 1 ton CO₂ (Davidovits, 1994). Pembuatan beton *geopolymer* berbahan dasar *fly ash* dan kerak tanur tinggi *slag* yang biasanya menggunakan pemaparan suhu tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengurangi pemaparan suhu tinggi pada beton *geopolymer* dengan penambahan *slag* dan bagaimana pengaruhnya terhadap porositas dan permeabilitas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan 30% *slag* merupakan campuran yang optimum karena memperoleh nilai porositas dan nilai permeabilitas paling minimum.

Kata kunci : *geopolymer*, abu terbang, slag, porositas, permeabilitas

Abstract

The increasing of concrete material has led to the increasing needs of cement . However, the production of cement releases CO₂ in large quantities in the proportion of 1 ton of cement produces 1 ton of CO₂ (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 Slag 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 30% of slag due on the low value of porosity and permeability.

Keywords: *geopolymer*, fly ash, slag, porosity, permeability

PENDAHULUAN

Pembangunan yang semakin marak menyebabkan peningkatan penggunaan semen, produksi semen portland sangat berdampak pada kondisi lingkungan. Hal ini dikarenakan selama proses produksi 1 ton semen melepaskan 1 ton gas CO secara langsung ke udara, yang merupakan sumber dari pemanasan global (Davidovits, 1994)

Davidovits menemukan sebuah perekat alternatif pengganti semen yang dikenal dengan *geopolymer*. Pembuatan material *geopolymer* menggunakan bahan yang banyak mengandung unsur silika dan alumina. Unsur tersebut banyak ditemukan pada limbah industri, seperti serbuk cangkang kerang, abu terbang dan abu sawit. (Manuahe R, 2014)

Studi tentang perawatan suhu kamar pada beton geopolimer telah menunjukkan kesesuaian

untuk aplikasi seperti untuk beton pracetak. Pengembangan beton *geopolymer* yang cocok untuk perawatan pada suhu kamar akan memperluas aplikasi untuk dunia konstruksi. Fly ash kelas F digunakan sebagai bahan dasar yang bereaksi dengan natrium hidroksida dan natrium silikat sebagai pengganti semen yang bereaksi dengan slag untuk perawatan pada suhu kamar. (Nath Sarker, 2012)

Menambahkan terak hingga 30% dari total pengikat mencapai kekuatan beton sampai dengan 55 MPa dan mortar hingga 63 MPa pada umur 28 hari. Kuat tekan menurun dengan peningkatan konten larutan alkali dari 35% menjadi 45 % dari total pengikat. Variasi rasio natrium silikat dan natrium hidroksida 1,5-2,5 menurunkan rasio molar Na₂O/SiO₂ dan menyebabkan sedikit penurunan kekuatan di atas usia tersebut. Sampel dirawat pada suhu kamar untuk mengetahui pengaruh abu terbang

dan slag yang dimasukan ke dalam komponen campuran. (Nath Sarker, 2014)

KAJIAN PUSTAKA

Beton Geopolymer

Geopolymer merupakan sintesa bahan-bahan alam nonorganik lewat proses polimerisasi. Bahan dasar utama yang diperlukan untuk pembuatan material geopolymer ini adalah bahan-bahan yang banyak mengandung unsur-unsur silikon (Si) dan aluminium (Al). Unsur-unsur ini banyak didapati, diantara pada material buangan hasil sampingan industri, seperti misalnya abu terbang (*fly ash*) dari sisa pembakaran batu bara. Untuk melarutkan unsur-unsur silikon dan alumium, serta memungkinkan terjadinya reaksi kimiawi, digunakan larutan yang bersifat alkalis. Material geopolymer ini digabungkan dengan agregat batuan kemudian menghasilkan beton geopolymer, tanpa menggunakan semen lagi (Davidovits, 2013).

Abu terbang (*Fly Ash*)

Fly ash adalah material pozzolan yang paling banyak digunakan sebagai bahan tambah material semen. Penggunaan *fly ash* juga mengurangi rata-rata ukuran pori pada beton sehingga diperoleh permeabilitas beton yang kecil (Sumreng, R., dan Priya C, 2008 dalam (Nugroho, 2010).

Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan *fly ash* kelas F, karena pada kelas ini kadar $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 > 70\%$ (SNI 03-6863-2002).

Kerak Tanur Tinggi (*Slag*)

Slag merupakan hasil residu pembakaran tanur tinggi, yang dihasilkan oleh industri peleburan baja yang secara fisik menyerupai agregat kasar. *Slag* adalah kerak, bahan sisa dari pengecoran besi (*pig iron*), dimana prosesnya memakai dapur

(furnace) yang bahan bakarnya dari udara yang ditiupkan (*blast*). Material penyusun slag adalah kapur, silika dan alumina yang bereaksi pada temperatur 1600°C dan berbentuk cairan. Bila cairan ini didinginkan secara lambat maka akan terjadi kristal yang tak berguna sebagai campuran semen dan dapat dipakai sebagai pengganti agregat. (Armady Ricky, 2009)

Alkali aktivator

Aktivator merupakan zat atau unsur yang menyebabkan zat atau unsur lain bereaksi. Dalam penelitian ini, aktivator yang digunakan adalah unsur alkali yang terhidrasi yaitu sodium hidroksida (NaOH) dan sodium silikat (Na_2SiO_3). Sodium hidroksida berfungsi untuk mereaksikan unsur Al dan Si, sedangkan sodium silikat mempunyai fungsi untuk mempercepat polimerisasi (Hardjito et all, 2004 dalam Fitriani, 2010).

Porositas

Porositas adalah kadar pori yang terdapat pada beton. Nilai porositas bisa didapatkan dengan persamaan (1) dibawah ini:

$$\text{porositas} = \frac{B-C}{B-A} \times 100\% \dots \dots \dots (1)$$

Dimana: A = berat sampel dalam air (gr)

B = berat sampel kondisi SSD (gr)

C = berat sampel kering oven (gr)

Permeabilitas

Permeabilitas adalah kemampuan media yang poros untuk mengalirkan fluida. Setiap material dengan ruang kosong diantaranya disebut poros, dan apabila ruang itu saling berhubungan maka ia akan memiliki sifat permeabilitas (Bowles, JE., 1986 dalam M. Yanuar ardi, 2011).

Menurut ASTM C1585-04, menggunakan rumus persamaan (2) dibawah ini:

$$I = \frac{M_t}{A \rho} \dots \dots \dots (2)$$

Dimana:

I = Volume komulatif (mm^3/mm^2)

M_t = Berat

A = Luas penampang spesimen (mm^2)

ρ = Berat jenis air (gr/mm^3)

ASTM C1585-04 menyebutkan bahwa analisis regresi harus menghasilkan koefisien korelasi $r > 0,98$. Kemudian dituangkan dalam rumus pada persamaan 3 dibawah ini:

$$I = Si\sqrt{t} + b \dots \dots \dots (3)$$

Dimana:

Si = Tingkat awal penyerapan (kuadrat regresi)

b = konstanta

Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton adalah besarnya kemampuan beton untuk menerima beban persatuan 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 sebagai bahan utama pengganti semen yang merupakan limbah dari pemanfaatan batubara. 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	XRF
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	

2. Pengujian Slag

Kerak tanur tinggi *Slag* diperoleh dari PT. Ispatindo perusahaan baja dengan proses tanur *furnace* di Sepanjang, Surabaya yang merupakan limbah dan dapat dijadikan bahan pengganti semen. Hasil pengujian XRF dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Hasil Pengujian XRF *Slag*

Coumpound	Conc (%)	Methods
MgO	5.6	
Al2O3	1.5	
SiO2	7.8	
CaO	76.26	
TiO2	0.63	
V2O5	0.02	
Cr2O3	0.086	
MnO	1.26	
Fe2O3	4.21	
NiO	0.11	
CuO	0.047	
ZnO	0.077	
SrO	0.22	
MoO3	1.5	
BaO	0.32	
Yb2O3	0.2	
Re2O7	0.1	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>	12,58
MC-3	90%FA+10%SL	11,15
MC-4	70%FA+30%SL	10,81
MC-5	50%FA+50%SL	15,08



Gam

bar 1 Porositas beton usia 28 hari

Dari hasil grafik menunjukkan bahwa dengan penambahan slag, nilai porositas semakin menurun dari MC 2, MC 3, dan MC 4, kemudian pada MC 5 nilai porositas naik. Dapat disimpulkan bahwa slag yang ditambahkan dari 0% sampai 30% akan menurunkan nilai porositas, tetapi pada penambahan 50% malah mengakibatkan nilai porositas naik, dan dari hasil grafik didapatkan komposisi slag 30% yang mendapatkan nilai porositas terendah. MC 1 tidak dimasukkan kedalam grafik karena merupakan beton kontrol tanpa penambahan slag maupun alkali aktifator.

Pengujian Permeabilitas

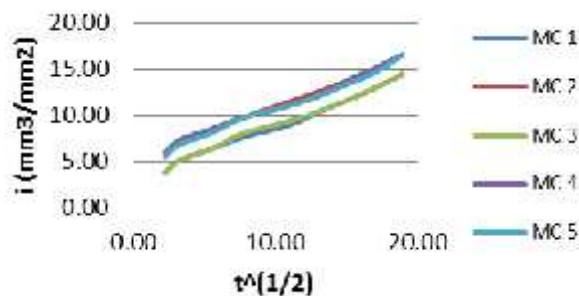
Pengujian dilakukan dengan cara menimbang spesimen setelah mengalami perendaman setelah 5, 10 dan 30 menit, kemudian 1 jam hingga 6 jam. Standar yang digunakan adalah ASTM C1585-04.

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 $> 0,98$. Berdasarkan rumus pada persamaan 3 akan mendapatkan nilai S_i ($\text{mm}/\text{min}^{1/2}$), dimana S_i 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	3.82	5.94	3.82	5.94	5.52	2.24
10	5.10	7.22	5.10	7.22	6.79	3.16
30	6.37	8.49	6.37	8.49	8.07	5.48
60	7.64	9.77	8.07	9.77	9.77	7.75
120	8.92	11.46	9.34	11.04	11.04	10.95
180	10.62	12.74	10.62	12.31	12.31	13.42
240	11.89	14.01	11.89	14.01	13.59	15.49
300	13.16	15.29	13.16	15.29	14.86	17.32
360	14.44	16.56	14.44	16.56	16.56	18.97



Gambar 2 Permeabilitas beton usia 28 hari

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa penyerapan paling rendah adalah beton MC-4 dengan komposisi 70%FA : 30%SL.

Tabel 5 Tingkat penyerapan awal

S_i ($\text{mm}^3/\text{min}^{1/2}$)	MC-1	MC-2	MC-3	MC-4	MC-5
	0.5930	0.5936	0.5897	0.5890	0.6014



Gambar 3 Tingkat penyerapan awal

Dari uraian hasil tersebut didapatkan data S_i yang semakin menurun dari MC 2, MC 3, dan MC 4, kemudian naik pada MC 5, hal ini membuktikan bahwa penambahan *slag* dari 0% sampai 30% dapat menurunkan nilai S_i , tetapi pada penambahan 50% *slag* terjadi kenaikan nilai S_i . Daengan melihat grafik dapat disimpulkan bahwa MC 4 dengan 30% *slag* mendapatkan nilai S_i paling rendah.

Senada dengan penelitian Adam (2009) yang menyebutkan bahwa nilai koefisien korelasi (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 5 pada menit awal tingkat awal penyerapan yang terjadi lebih besar jika dibandingkan dengan tingkat awal penyerapan pada beton MC 2, MC 3, dan MC 4. Sedangkan MC 1 tidak dimasukan kedalam grafik karena merupakan beton kontrol tanpa penambahan slag maupun alkali aktifator.

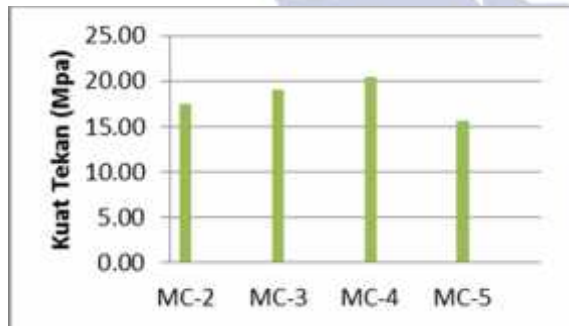
Kuat Tekan

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
MC-1	28	4.01	18.18	18.21
	28	3.93	18.21	
	28	4.08	18.25	
MC-2	28	3.97	17.46	17.54
	28	4.02	17.56	
	28	3.99	17.59	
MC-3	28	4.03	19.03	19.04
	28	4.00	19.07	
	28	3.96	19.01	
MC-4	28	3.98	20.44	20.45
	28	4.01	20.35	
	28	4.08	20.57	
MC-5	28	3.97	15.51	15.64
	28	4.04	15.65	
	28	4.07	15.76	



Gambar 4 Hasil pengujian kuat tekan

Dari hasil uraian diatas dapat diperoleh bahwa untuk beton dengan penambahan *slag* sebesar 0%, 10%, 30% dengan penamaan sampel MC-2, MC-3, MC-4 secara berurutan memiliki nilai sebesar 17,54 MPa, 19,04 MPa, 20,45 MPa. Hal ini dapat dilihat bahwa semakin bertambahnya kadar serbuk cangkang kerang pada beton *geopolymer* dapat meningkatkan kuat tekan beton, tetapi pada

penambahan 50% slag malah menurunkan nilai kuat tekan MC 5 sebesar 15,64 MPa .

Hubungan Porositas dengan Permeabilitas

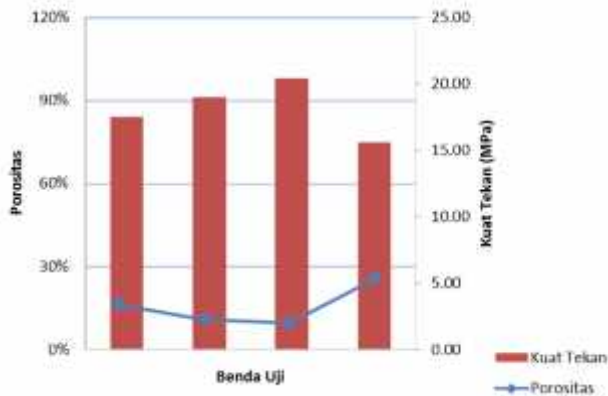
Menurut Bowles, JE 1986 dalam Yanuar Ardi, 2011 menyebutkan bahwa Permeabilitas adalah kemampuan media yang poros untuk mengalirkan fluida. Material dengan ruang kosong yang lebih besar biasanya mempunyai angka pori yang lebih besar pula. Senada dengan pernyataan tersebut, dalam penelitian ini porositas mempunyai nilai yang berbanding lurus dengan permeabilitas beton, dimana apabila nilai porositas besar maka nilai permeabilitas akan besar pula yang menandakan bahwa semakin banyak jumlah kadar pori dalam beton maka semakin besar pula air yang akan masuk kedalam beton.

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	18,21
MC-2	12,58	17,54
MC-3	11,15	19,04
MC-4	10,81	20,45
MC-5	15,08	15,64



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 tekannya tinggi, begitu sebaliknya. Beton MC-2 memiliki nilai porositas sebesar 12,58% dengan kuat tekan sebesar 17,54 MPa, beton MC-3 memiliki nilai porositas sebesar 11,15% dengan kuat tekan sebesar 19,04 MPa, beton MC-4 memiliki nilai porositas sebesar 10,81% dengan kuat tekan sebesar 20,45 MPa, beton MC-5 memiliki nilai porositas sebesar 15,08% dengan kuat tekan sebesar 15,64 Mpa. Dari uraian hasil tersebut dapat diperoleh bahwa penambahan 30% kerak tanur tinggi menjadi yang paling optimum yang berarti beton *geopolymer* semakin sedikit memiliki kadar pori dalam beton menyebabkan semakin bertambahnya kuat tekan beton, begitu juga sebaliknya.

PENUTUP

Kesimpulan

1. Penambahan kerak tanur tinggi slag pada beton geopolymer dengan bahan dasar abu terbang (fly ash) sebagai pengganti semen jika ditinjau dari porositas dan permeabilitas beton mengalami

penurunan nilai, dari penambahan slag sebesar 0%, 10% dan 30%, tetapi pada penambahan slag sebesar 50% didapatkan nilai porositas yang paling tinggi diantara kelima campuran lainnya. Jika melihat grafik porositas dan permeabilitas dapat dikatakan bahwa slag yang ditambahkan dalam campuran beton mempunyai pengaruh yang cukup besar, seperti pada penambahan slag sebesar 30% yang mendapatkan nilai porositas dan permeabilitas paling kecil diantara kelima campuran lainnya, dan beton yang memiliki kadar pori yang kecil dapat menyebabkan semakin bertambahnya nilai kuat tekan beton yang bisa dilihat pada grafik hubungan porositas dan kuat tekan beton.

2. Dengan melihat grafik porositas dan permeabilitas beton kita bisa melihat penambahan kerak tanur tinggi slag pada beton geopolymer dengan bahan dasar abu terbang (fly ash) mendapatkan hasil porositas sebesar MC-2 (12,58%), MC-3 (11,15%), MC-4 (10,81%), dan MC-5 (15,08%). Sedangkan pada permeabilitas didapatkan hasil sebesar MC-2 (0,5936 mm/min^{1/2}), MC-3 (0,5897 mm/min^{1/2}), MC-4 (0,5890 mm/min^{1/2}), dan MC-5 (0,6014 mm/min^{1/2}). Hasil yang paling rendah terdapat pada MC-4, dengan nilai porositas 10,81% dan nilai permeabilitas sebesar 0,5890 mm/min^{1/2}. Nilai tersebut merupakan hasil paling kecil dari kelima campuran lainnya kemudian dari hasil pengujian tersebut dapat disimpulkan bahwa MC-4 dengan 30% penambahan kerak tanur tinggi merupakan campuran yang paling optimum dari kelima campuran lainnya.

Saran

Ada beberapa saran untuk penelitian selanjutnya antara lain :

1. Penambahan 30% kerak tanur tinggi pada beton geopolimer dengan bahan dasar abu terbang (*fly ash*) bisa digunakan sebagai bahan pengikat sebagai pengganti semen pada temperatur ruangan tanpa pemaparan suhu tinggi.
2. Perlu dilakukan penelitian pada perilaku beton dengan umur 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 geopolimer seperti rasio alkali aktivator, konsentrat natrium hidroksida, dan penambahan superplastisizer.
4. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan komposisi campuran serbuk cangkang kerang lebih kecil dari 50%.

DAFTAR PUSTAKA

- Adam, Andi Arham. 2009. *Strenght and durability properties of alkali actived slag and fly ash-based geopolimer 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.
- Davidovits, 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 Modulus 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 geopolimer 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 geopolimer 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