

JURNAL REKAYASA TEKNIK SIPIL

REKATS



UNESA

Universitas Negeri Surabaya



JURNAL ILMIAH TEKNIK SIPIL	VOLUME: 02	NOMER: 02	HALAMAN: 141 - 149	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. 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 2 Nomer 2/rekat/17 (2017)	
PEMANFAATAN BATU APUNG DALAM PEMBUATAN BETON RINGAN DENGAN PENAMBAHAN LUMPUR SIDOARJO (LUSI) SEBAGAI SUBSTITUSI AGREGAT HALUS TERHADAP KUAT TEKAN DAN POROSITAS	
<i>Abdul Ra'uf Alfansuri, Arie Wardhono,</i>	01 – 11
ANALISA SISA MATERIAL DAN PENANGANANNYA PADA PROYEK APARTEMEN <i>ROYAL CITYLOFT</i> SURABAYA	
<i>M. Alfin Ahfiyatna, Didiek Purwadi,</i>	12 – 23
PENGARUH PENYIRAMAN TERHADAP KUAT TEKAN DAN PERMEABILITAS <i>PAVING STONE GEOPOLYMER</i> BERBAHAN DASAR ABU TERBANG	
<i>Raditya Eko Kurniawan, Arie Wardhono,</i>	24 – 35
STUDI POLA OPERASI WADUK WONOREJO UNTUK PLTA	
<i>Pandra Christanty Suharto, Kusnan,</i>	36 – 41
ANALISIS NILAI PRODUKTIVITAS PEKERJAAN PEMASANGAN DINDING PRECAST PADA PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG BERTINGKAT	
<i>Fani Febri Dewi Utami, Mas Suryanto HS,</i>	42 – 54
PRODUKTIVITAS KELOMPOK KERJA PEMASANGAN BEKISTING DAN FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHINYA PADA PROYEK GEDUNG BERTINGKAT DI WILAYAH SURABAYA	
<i>Rizky Astri Widyawati, Sutikno,</i>	55 – 76
ANALISIS PERENCANAAN STRUKTUR ATAS JEMBATAN RANGKA BAJA MODEL <i>K-TRUSS</i>	
<i>Ndaru Kusumo, Karyoto,</i>	77 – 86
<i>MODEL HUBUNGAN ANTARA KERUSAKAN PERKERASAN LENTUR DAN KOMPOSISI LALU LINTAS PADA JALAN PROVINSI DI KABUPATEN MOJOKERTO</i> (Studi Kasus: <i>Jl. Raya Mlirip, Jl. Magersari-Ngares Kidul, Jl. Raya Gempolkerep</i>)	
<i>Rizki Inkasari, Purwo Mahardi,</i>	87 – 97

PENGARUH PEMANFAATAN LIMBAH ASBES SEBAGAI BAHAN TAMBAH CAMPURAN BETON TERHADAP KUAT TEKAN DAN MODULUS ELATISITAS BETON <i>Liga Triswasono, Sutikno,</i>	98 – 103
PENGOPTIMALAN PEMASANGAN JARAK ANTAR BAUT TERHADAP TERJADINYA <i>CURLING</i> PADA SAMBUNGAN PELAT <i>Hendry Yudha Pranata, Arie Wardhono,</i>	104 – 111
ANALISA PERBANDINGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM GANDA PADA PERENCANAAN ULANG HOTEL ICON GRESIK TERHADAP LUASAN TULANGAN BALOK DAN KOLOM <i>Yasher Arafat, Sutikno,</i>	112 – 117
PENGARUH PEMANFAATAN LIMBAH GAS ASETILEN SEBAGAI BAHAN CAMPURAN PEMBUATAN BATU BATA DITINJAU DARI KUALITAS SESUAI SNI 15-2094-2000 <i>Mohamad Nisfi Fazar Romadhon, Arie Wardhono,</i>	118 – 124
PENGOPTIMALISASIAN PEMASANGAN BAUT PADA TEPI SAMBUNGAN PELAT TARIK <i>Nurul Burhanudin, Arie Wardhono,</i>	125 – 131
PENGARUH VARIASI BENTANG PANJANG BALOK STRUKTUR BETON TERHADAP KINERJA STRUKTUR DENGAN ANALISIS <i>PUSHOVER</i> BERDASARKAN ATC-40 DAN SNI 1726:2012 <i>Mohamad Sahal Rifa'i Chairul Aziz, Arie Wardhono,</i>	132 – 140
PENGARUH PENAMBAHAN KAPUR TERHADAP KUAT TEKAN DAN KUAT GESER MORTAR TANPA SEMEN BERBAHAN DASAR ABU TERBANG DAN SODIUM HIDROKSIDA 12 MOLAR PADA APLIKASI PASANGAN BATA MERAH <i>Nova Bima Prayogo, Arie Wardhono,</i>	141 – 149

PENGARUH PENAMBAHAN KAPUR TERHADAP KUAT TEKAN DAN KUAT GESER MORTAR TANPA SEMEN BERBAHAN DASAR ABU TERBANG DAN SODIUM HIDROKSIDA 12 MOLAR PADA APLIKASI PASANGAN BATA MERAH

Nova Bima Prayogo

S1 Teknik Sipil, Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: novabima92@gmail.com

Abstrak

Gas CO₂ yang dihasilkan selama proses produksi semen memberikan kontribusi besar terhadap pemanasan global. Seiring dengan munculnya isu pemanasan (global warming) dan hadirnya penerapan konsep pembangunan hijau (green building) dalam bidang rekayasa bahan material salah satunya mortar geopolimer. Pembuatan mortar geopolimer secara umum dilakukan dengan menggunakan abu terbang (*fly ash*) sebagai bahan dasar utamanya. Penelitian ini ditambahkan bahan tambah kapur sebagai substitusi abu terbang (*fly ash*) yang bertujuan untuk mendapatkan perkembangan mutu mortar geopolimer dengan memanfaatkan penggunaan kapur sebagai substitusi abu terbang (*fly ash*) agar dapat dirawat pada temperatur normal.

Penelitian ini didapatkan tujuh variasi campuran mortar geopolimer yaitu A (Kontrol) dengan komposisi beton OPC (Ordinary Portland Cement) sebagai kontrol, B (ATK0) dengan komposisi 100% *fly ash*, C (ATK1) dengan komposisi penambahan 10% kapur sebagai pengganti *fly ash*, D (ATK2) dengan komposisi penambahan 20% kapur sebagai pengganti *fly ash*, E (ATK3) dengan komposisi penambahan 30% kapur sebagai pengganti *fly ash*, F (ATK4) dengan komposisi penambahan 40% kapur sebagai pengganti *fly ash*, dan G (ATK5) dengan komposisi penambahan 50% kapur sebagai pengganti *fly ash*, menggunakan cairan aktivator campuran Na₂SiO₃ dan NaOH perbandingan 1,5 dengan molaritas NaOH sebesar 12 Molar. Spesimen mortar diuji dan dirawat pada temperatur ruangan untuk diuji kuat tekan dan kuat gesernya.

Hasil penelitian yang telah dilakukan, didapatkan nilai optimum penambahan kapur pada pembuatan mortar geopolimer untuk kuat tekannya sendiri terdapat pada prosentase penambahan kapur sebanyak 20% variasi B (ATK2) dengan nilai kuat tekan optimumnya sebesar 33,75 MPa. Sedangkan untuk kuat geser nilai optimumnya terdapat pada prosentase penambahan kapur 30% variasi C (ATK3) dengan nilai kuat geser optimumnya sebesar 0,99 MPa. Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa semakin besar jumlah penambahan kapur pada prosentase tertentu sebagai substitusi abu terbang (*fly ash*) maka kuat tekan dan kuat geser yang dihasilkan semakin besar pula.

Kata kunci: alkali aktivator, *fly ash*, geopolimer, kapur, kuat tekan, kuat geser, mortar

Abstract

CO₂ gas produced during cement production process contributes greatly to global warming. Along with the emergence of the issue of global warming and the presence of the application of the concept of development of the green building in the field of engineering materials one mortar geopolimer. Making mortar geopolimer is generally done by using fly ash as its main raw material. This study added ingredients add lime as a substitution of fly ash which aims to get a quality development by leveraging the use of geopolimer mortar of lime fly ash as a substitution in order to be treated at normal temperature.

This research obtained seven variations of mixed mortar geopolimer i.e. A (Control) and composition of concrete OPC (Ordinary Portland Cement) as control, B (ATK0) and composition 100% fly ash, C (ATK1) with 10% lime addition composition in lieu of fly ash, D (ATK2) with 20% lime addition composition in lieu of fly ash, E (ATK3) with 30% lime addition composition in lieu of fly ash, F (ATK4) with 40% lime addition composition in lieu of fly ash, and G (ATK5) with the addition of 50% composition of lime fly ash as a replacement, use a liquid Activator mix Na₂SiO₃ 1.5 and comparison with NaOH 12 Molarity. Mortar specimens tested and treated at room temperature to be tested is strong press and strong shear.

The results of the research that has been done, the optimum values are obtained by the addition of lime mortar on the creation of geopolimer for strong focus was more on its own is present on the percentage of lime addition of as much as 20% variation B (ATK2) with strong values press optimumnya of 33.75 MPa. As for the strong shear optimum value contained on the percentage of lime addition 30% variation C (ATK3) with strong shear optimumnya value of 0.99 MPa. From the results it can be noted that the greater the amount of limestone addition on a certain percentage as substitusi fly ash then press the strong and powerful shearing generated more anyway.

Keywords: alkaline activator, *fly ash*, geopolimer, lime, mortar, strong press, strong shear

PENDAHULUAN

Dewasa ini, material bahan bangunan baru sebagai pengganti ataupun penunjang material bahan lama sangat dibutuhkan untuk memajukan inovasi dalam pembangunan. Pertumbuhan populasi manusia yang sangat pesat dan pembangunan yang terus berkembang harus diikuti dengan perkembangan teknologi infrastruktur yang memegang peranan yang sangat penting. Seiring dengan munculnya isu pemanasan (*global warming*) dan hadirnya penerapan konsep pembangunan hijau (*green building*), dalam bidang rekayasa bahan material terus diupayakan berbagai inovasi ramah lingkungan dengan mengadakan penelitian yang intensif, salah satunya penggunaan *geopolymer* sebagai bahan alternatif pengikat pengganti semen.

Pembuatan mortar tanpa semen (*geopolymer*) secara umum dilakukan dengan menggunakan abu terbang (*fly ash*) sebagai bahan dasar utamanya. Mortar *geopolimer* ini terbentuk dari reaksi kimia bukan dari reaksi hidrasi seperti pada mortar konvensional biasa. Sebagai bahan pengganti semen, penggunaan *geopolymer* berbahan dasar abu terbang (*fly ash*) dapat menurunkan produksi gas CO₂ yang dihasilkan selama proses produksi semen (Davidovits 1994). Abu terbang (*fly ash*) sendiri tidak memiliki kemampuan mengikat seperti halnya semen, tetapi dengan kehadiran air dan ukuran partikelnya yang halus, oksida silika yang dikandung oleh *fly ash* akan bereaksi secara kimia dan menghasilkan zat yang memiliki kemampuan mengikat (D Hardjito dkk, 2005). Mortar konvensional yang menggunakan semen portland akan memperbanyak produksi semen yang mengakibatkan banyaknya gas CO₂ ke atmosfer bumi, karena setiap 1 ton produksi semen akan menghasilkan 1 ton gas CO₂, gas tersebut merupakan salah satu gas terbesar yang ikut menyumbang dalam pemanasan global. Karbondioksida (CO₂) memberikan kontribusi 65% terhadap pemanasan global (McCaffrey 2002; Ariffin et al., 2011). Permasalahan seperti ini memberikan berbagai dampak yang berpengaruh penting terhadap keberlanjutan hidup manusia dan makhluk hidup lainnya. Salah satu alternatif untuk mengurangi dampak lingkungan akibat industri beton adalah dengan menggunakan bahan-bahan hasil limbah industri yang ramah lingkungan. Bahan limbah industri yang paling umum digunakan sebagai bahan tambahan atau pengganti material semen dalam beton adalah abu terbang. Abu terbang adalah bahan limbah sisa hasil proses pembakaran batu bara pada pembangkit listrik dan telah banyak digunakan sebagai bahan tambahan pada proses pembuatan beton.

Penelitian terakhir ini telah menunjukkan bahwa penggunaan beton dapat diproduksi tanpa menggunakan

semen. Bahan dasar semen diganti dengan menggunakan 100% bahan pengganti yang berasal limbah industri ramah lingkungan yaitu abu terbang, dengan mereaksikannya dengan komponen larutan alkali (Davidovits 1994, Bakharev et al. 1999, Hardjito et al. 2004, Adam 2009, Wardhono et al. 2012). Berdasarkan penelitian Riger Manuhahe (2014) tentang kuat tekan *Geopolymer Mortar* didapatkan hasil pengujian kuat tekan yang dilakukan, terjadi perubahan peningkatan kekuatan pada masing-masing variasi curing time dengan kuat tekan optimum yang dihasilkan pada curing time selama 24 jam dengan nilai $f_c = 27,462$ MPa dan pada penelitian Subekti (2009) tentang ketahanan kuat tekan pasta *geopolimer* molaritas 8 mol dan 12 mol terhadap agresifitas NaCl, dengan hasil penelitian bahwa molaritas larutan sodium hidroksida dan rasio perbandingan antara Na₂SiO₃/NaOH semakin tinggi akan didapatkan kuat tekan semakin tinggi pula dengan hasil Binder *Geopolimer* 12 Mol dan Perbandingan Na₂SiO₃/NaOH = 1,5 dalam rendaman larutan NaCl selama 120 hari kuat tekannya sebesar 126,96 MPa yaitu naik sebesar 74,31 % terhadap nilai awal, sedangkan binder *geopolimer* 8 Mol dan perbandingan Na₂SiO₃/NaOH = 1,5 dalam rendaman Larutan NaCl selama 120 hari memiliki kuat tekan yang lebih rendah yaitu 119,7 MPa – naik 59,23 % terhadap nilai awal. Sedangkan pada penelitian Agus Maryoto (2008) didapatkan hasil pengujian kuat tekan mortar Secara umum, mortar yang mengandung *fly ash* pada umur 7 hari mempunyai kuat tekan yang lebih rendah dari mortar tanpa *fly ash*, namun pada umur 28 hari mempunyai kuat tekan yang lebih besar dari mortar tanpa *fly ash*. Hal ini sesuai dengan Neville (1996) bahwa *fly ash* mempunyai sifat lambat dalam waktu pengikatan awal, namun akan lebih meningkat pengikatannya setelah umur 28 hari. *Geopolymer* diperkenalkan pertama kali oleh Davidovits (1994) untuk membedakan reaksi *polymer* yang terjadi pada *geopolymer* dengan reaksi yang terjadi pada beton pada umumnya. Namun kendala utama *geopolymer* adalah pada proses perawatannya. Proses perawatan *geopolymer* membutuhkan suhu yang tinggi untuk mempercepat reaksi *polymer* yang terjadi selama proses pengerasan (Wardhono et al. 2012). Rendahnya kandungan *calcium* (Ca) pada *geopolymer* menyebabkan proses pengerasan yang lambat. Namun hal ini dapat diatasi dengan menggunakan bahan tambahan yang memiliki kandungan Ca yang cukup tinggi.

Penelitian yang telah dilakukan oleh Wardhono et al. (2015) dengan menggunakan tambahan terak besi yang mengandung Ca cukup tinggi menunjukkan bahwa kandungan Ca dapat membantu *geopolymer* dirawat pada temperatur normal tanpa menggunakan bantuan temperatur yang tinggi. Namun kendala dari material terak besi ini adalah ketersediaannya yang sangat

terbatas. Salah satu alternatif lain material yang mengandung Ca cukup tinggi adalah kapur, dari penelitian Arman A. (2015) menunjukkan bahwa pemakaian campuran kapur terhadap semen dapat digunakan untuk suatu pekerjaan konstruksi sederhana dengan acuan pemakaian kadar kapur yang bervariasi terhadap semen sebesar (25 %, 35 %, dan 45 %) dan mencukupi umur rencana yang ditentukan atau ditetapkan didapatkan nilai kuat tekan beton yang direncanakan yaitu K-225 pada masing – masing variasi campuran, baik 25%, 35% maupun 45% pada umur 28 hari.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perkembangan dari mutu mortar *geopolymer* dengan memanfaatkan penggunaan kapur sebagai substitusi *fly ash* pada mortar *geopolymer* berbahan dasar abu terbang agar dapat dirawat pada temperatur atau suhu normal.

Berdasarkan uraian latar belakang diatas adapun rumusan masalah yang dapat diambil sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh penambahan kapur terhadap kuat tekan mortar tanpa semen menggunakan NaOH 12 molar?
2. Bagaimana pengaruh penambahan kapur terhadap kuat geser mortar tanpa semen pasangan bata merah menggunakan NaOH 12 molar?
3. Berapa standar optimum penambahan kapur pada pembuatan mortar tanpa semen menggunakan NaOH 12 molar ?

Tujuan yang akan dicapai dari penelitian ini berdasarkan uraian rumusan masalah diatas antara lain:

1. Untuk mendapatkan kuat tekan optimum mortar tanpa semen menggunakan NaOH 12 molar.
2. Untuk mendapatkan kuat geser optimum mortar tanpa semen pasangan bata merah menggunakan NaOH 12 molar.
3. Untuk mendapatkan standar pembuatan beton tanpa semen menggunakan NaOH 12 molar.

Diharapkan dalam penelitian ini dapat diperoleh manfaat:

1. Manfaat Teoritis
 - a. Memberikan pengetahuan tentang mortar tanpa semen terutama variasi abu terbang (*fly ash*) dan kapur sebagai bahan agregat halus pembuatan beton tanpa semen.
 - b. Bagi kalangan akademisi diharapkan dapat menumbuhkan dan memperkaya inovasi-inovasi terhadap pemanfaatan limbah Pembangkit Listrik terutama *fly ash* secara maksimal. Hal ini juga menjadi dasar untuk dilakukan penelitian lanjutan pada beton mutu tinggi dan beton untuk struktur.
 - c. Memberikan kontribusi bagi perkembangan ilmu bahan dan struktur.

2. Manfaat Praktis

- a. Menambah alternatif bahan penyusun mortar tanpa semen sebagai bahan tambah agregat halus lain yang berfungsi mengatasi proses pengerasan yang lambat.
- b. Mengurangi limbah PLTU dan memberikan solusi terhadap polusi udara yang diakibatkan proses pembuatan *portland cement*.
- c. Dengan kuat tekan mortar dan kuat geser spesi yang memenuhi standar, *mix design* beton tanpa semen dengan *fly ash* yang diuji bisa diterapkan pada struktur pekerjaan bangunan.
- d. Hasil penelitian ini diharapkan dapat diinformasikan dan disebarluaskan sehingga dapat dimanfaatkan dan digunakan oleh praktisi, masyarakat dan pemerintah untuk struktur pekerjaan bangunan.

Dalam penelitian ini, berikut batasan – batasan yang perlu diperhatikan adalah:

1. Menggunakan mutu beton K225
2. Cairan *alkaline activator* yang digunakan yaitu kombinasi cairan Natrium Silikat (Na_2SiO_3) dan Natrium Hidroksida (NaOH).
3. Menggunakan perbandingan Natrium Silikat dan Natrium Hidroksida SS/SH = 1,5 dengan molaritas 12M.
4. Untuk perbandingan *Water Solid Ratio* W/S = 0,35.
5. Menggunakan *fly ash* tipe C yang diambil dari PLTU Paiton.
6. Benda uji kuat tekan yang digunakan berbentuk kubus ukuran 50 mm x 50 mm x 50 mm dengan sampel 28 buah kubus mortar beton dengan 7 variasi yang masing-masing berjumlah 4 buah.
7. Sedangkan benda uji kuat geser spesi menggunakan bahan bantu bata merah yang umum digunakan yaitu batu bata merah negara (220 mm x 100 mm x 50 mm) dengan luas bidang geser spesi 50 mm x 10 mm tebal ± 10 mm dengan total sampel 28 buah bata merah yang disusun membentuk huruf Y dengan 7 variasi yang masing-masing berjumlah 4 buah.
8. Pemeriksaan kuat tekan mortar dan kuat geser spesi pasangan bata dilakukan pada umur 28 hari.

KAJIAN PUSTAKA

Geopolymer mortar adalah mortar dengan bahan pengikat menggunakan *geopolymer*, yang dapat dibuat dari bahan dasar *fly ash*, *ground granulated blastfurnace ash*, dan lain - lain. Pada dasarnya material yang dapat digunakan adalah material yang memiliki kandungan oksida silika dan alumina tinggi. Mortar *geopolymer* dihasilkan dengan sepenuhnya mengganti semen Portland (PC) dengan *fly ash*. *Fly ash* dipilih sebagai bahan dasar

penelitian ini karena kandungan silika dan alumina yang tinggi. *Fly ash* yang digunakan harus diaktifkan dengan larutan alkali berupa sodium hidroksida (NaOH) dan sodium silikat (Na_2SiO_3) sebagai katalisatornya untuk meningkatkan reaksi polimerisasi.

Sifat mortar geopolimer sendiri dapat dikatakan sebagai *geopolymer* mortar apabila memiliki sifat-sifat antara lain memiliki setting time 10 jam pada suhu -20°C dan 7-60 menit pada suhu 20°C (www.geopolymer.org). Berdasarkan (ASTM 4843) penyusutan selama setting kurang dari 0,05%, kehilangan massa dari mortar basah menjadi mortar kering kurang dari 0,1%.

Adapun penyusunan mortar *geopolymer* sebagai berikut:

1. Abu Terbang (*Fly Ash*)

Fly ash termasuk bahan pozzolan buatan. Karena sifatnya yang pozzolanik, partikel halus tersebut dapat bereaksi dengan kapur pada suhu kamar dengan media air sehingga membentuk senyawa yang bersifat mengikat.

2. Kapur

Batu kapur adalah sebuah batuan sedimen yang kaya akan mineral calcite (CaCO_3). Batu kapur merupakan salah satu batuan sedimen yang kaya akan kandungan kalsium karbonat dan merupakan bahan dasar utama pembuatan semen.

3. Agregat Halus (Pasir)

Pasir adalah agregat halus yang berfungsi sebagai pengisi pori-pori dalam campuran adukan mortar. Sifat-sifat pasir yang dipergunakan sangat mempengaruhi kualitas adukan mortar. Bentuk dari butiran pasir mempengaruhi proses pengikatan, maka pasir yang dipakai sebaiknya harus bersih dari lumpur, tanah liat, bahan-bahan lainnya.

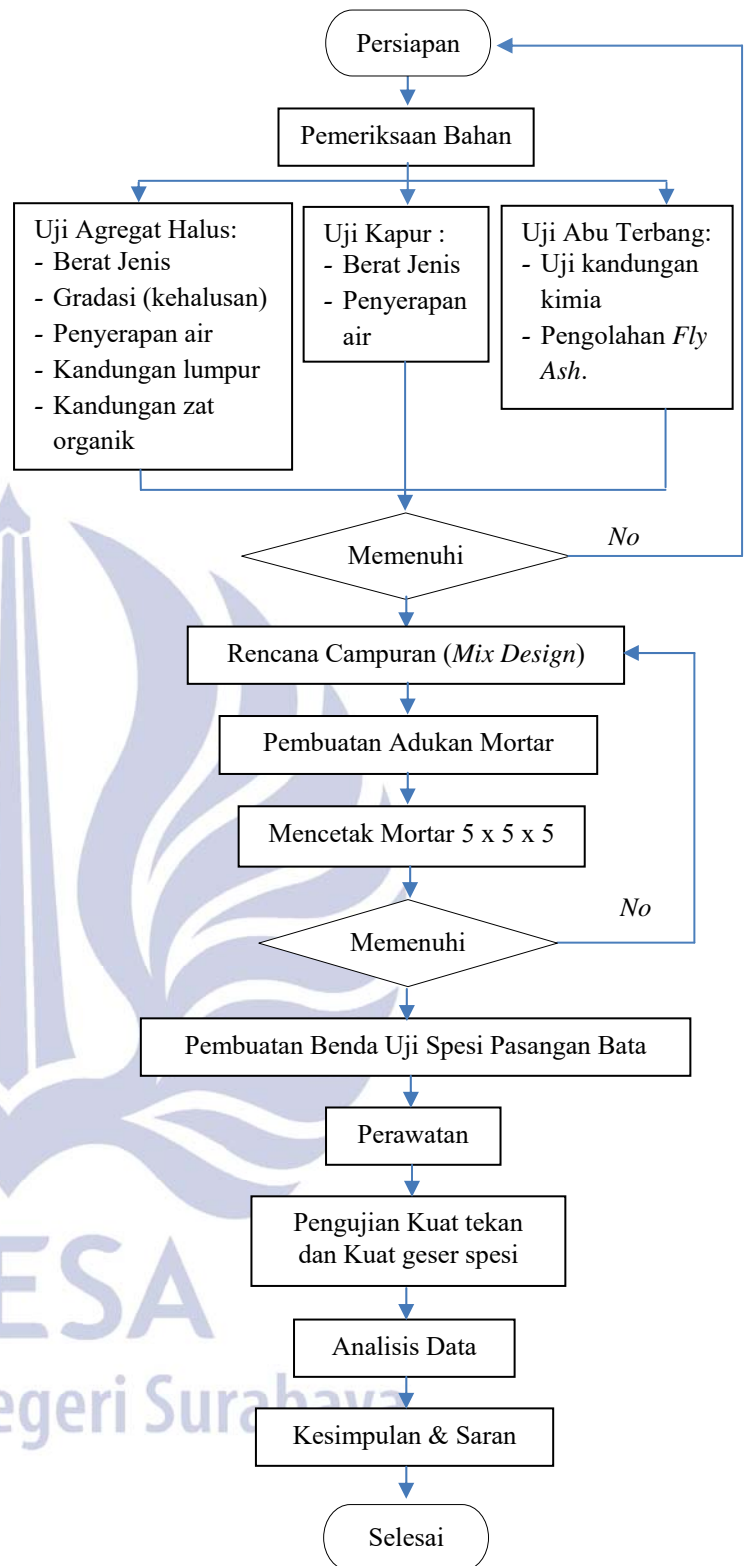
4. Alkali Aktivator (Sodium Silikat dan Sodium Hidroksida)

Sodium silikat mempunyai fungsi untuk mempercepat reaksi polimerisasi. Sedangkan sodium hidroksida berfungsi untuk mereaksikan unsur - unsur Al dan Si yang terkandung dalam *fly ash* sehingga dapat menghasilkan ikatan polimer yang kuat.

METODE

A. Rancangan Penelitian

Penelitian yang digunakan jenis penelitian eksperimental yaitu penelitian ini berasal dari beberapa sumber yang sudah ada melalui jurnal ilmiah untuk selanjutnya dilakukan pengembangan lebih lanjut dengan merancang komposisi penambahan kapur substitusi abu terbang (*fly ash*) pada mortar tanpa semen (*geopolymer concret*) sebagai bahan pengganti Portland cement. Penelitian ini dilakukan secara bertahap yang ditunjukkan pada *flowchart* rancangan penelitian sebagai berikut:



Gambar 1. *Flowchart* Penelitian

B. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian eksperimental benda uji sekaligus uji kuat tekan mortar kubus ukuran 5 x 5 x 5 dan kuat geser spesi dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Bahan dan Beton Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya dan PT.Merak Jaya Beton.

C. Populasi dan Sampel

1. Populasi

Populasi dalam penelitian ini adalah data hasil pengujian kubus mortar 5 x 5 x 5 dan spesi pasangan bata merah berupa data kuat tekan dan kuat geser spesi mortar tanpa semen.

2. Sampel

Penelitian ini digunakan sampel dari semua populasi dikarenakan jumlah populasi bersifat data hasil pengujian di Laboratorium dengan sample benda uji berjumlah 84 buah dengan ukuran kubus 5 cm x 5 cm x 5 cm dan pasangan spesi bata merah lebar 170 mm dan tinggi 120 mm.

Tabel 1. Rancangan Prosentase Sampel Agregat Halus Kapur dan Abu Terbang (*Fly Ash*)

No.	Mix	Jumlah	Material Penyusun			
			PC	AB	KP	SS/SH
1	Control	6	1	0	0	1,5
2	GC-2	6	0	1	0	1,5
3	GC-3	6	0	0,9	0,1	1,5
4	GC-4	6	0	0,8	0,2	1,5
5	GC-5	6	0	0,7	0,3	1,5
6	GC-6	6	0	0,6	0,4	1,5
7	GC-7	6	0	0,5	0,5	1,5

D. Variabel Penelitian

1. Variabel Bebas (*Independent Variable*)

Variabel bebas adalah variabel yang akan diuji pengaruhnya terhadap tingkah laku yang terjadi. dalam penelitian ini adalah komposisi kapur dan abu terbang (*fly ash*) sebagai bahan agregat halus mortar geopolimer.

2. Variabel Terikat (*Dependent Variable*)

Variabel terikat adalah variabel yang menjadi akibat dari variabel bebas yang telah ditentukan. Dalam penelitian ini adalah kuat tekan dan permeabilitas mortar geopolimer.

3. Variabel kontrol (*Control Variable*)

Variabel kontrol adalah variabel konstan yang digunakan untuk membandingkan variabel lain. Dalam penelitian ini, faktor – faktor yang mempengaruhi mortar geopolimer antara lain:

- Abu terbang (*fly ash*) tipe C dari CV. Dwi Mitra Surya yang di ambil dari PLTU Paiton.
- Kapur yang digunakan kapur padam kering.
- Pengujian beton pada usia 28 hari dengan *water solid ratio* = 0,35.
- Perbandingan sodium silikat dan sodium hidroksida (SS/SH) 1.5.

- Dengan molaritas larutan alkali aktivator NaOH 12 molar.

E. Metode Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah teknik eksperimen, yaitu mengumpulkan data dengan cara menguji atau mengukur objek yang diuji selanjutnya mencatat data-data yang diperlukan. Adapun parameter yang diuji adalah sebagai berikut yang selanjutnya dicatat hasil pengujianya:

1. Kuat Tekan

Dalam mengumpulkan data kuat tekan sebelumnya, mencatat lokasi pengecoran, tanggal pengecoran, tanggal pengetestan, nama benda uji dan berat benda uji dalam satuan kilogram (Kg) sebagai data informasi awal. Selanjutnya, dilakukan pencatatan data beban (P) dalam satuan Newton (N), luas permukaan (A) dalam satuan mm² dan Tegangan (σ) dalam satuan N/mm².

2. Kuat Geser Spesi

Dalam mengumpulkan data kuat geser spesi sebelumnya, mencatat lokasi pengecoran, tanggal pengecoran, tanggal pengetestan, nama benda uji dan berat benda uji dalam satuan kilogram (Kg) sebagai data informasi awal. Selanjutnya, dilakukan pencatatan data beban (P) dalam satuan Newton (N), luas permukaan (A) dalam satuan mm² dan kuat geser spesi (fvh) dalam satuan N/mm².

F. Teknik Analisis Data

Teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah statistika deskriptif kuantitatif. Teknik analisis data ini, dilakukan dengan cara menelaah data yang diperoleh dari eksperimen, dimana hasilnya berupa data kuantitatif yang akan dibuat dalam bentuk tabel dan ditampilkan dalam bentuk grafis.

Langkah selanjutnya adalah mendeskripsikan atau menggambarkan data tersebut sebagaimana adanya dalam bentuk kalimat yang mudah dibaca, dipahami, dan dipresentasikan sehingga pada intinya adalah sebagai upaya memberi jawaban atas permasalahan yang diteliti. (Sugiyono, 2007:147).

Tabel dan grafik yang telah dibuat kemudian dilakukan analisis dan dijabarkan sehingga akan diperoleh hubungan dari data tersebut diantaranya:

- Pengaruh penambahan kapur terhadap kuat tekan dan kuat geser spesi mortar tanpa semen (*geopolymer*) yang terjadi dengan cara:
 - Menurut SNI-03-4166-1996, pengujian kuat geser pasangan bata dilakukan dengan menggunakan benda uji yang tersusun dari

3 (tiga) buah bata yang nilai kuat geser (f_{vh}) dianalisa dengan menggunakan persamaan rumus sebagai berikut:

$$f_{vh} = \frac{P_u}{2bh}$$

Dimana:

f_{vh} = Kuat lekat pasangan (N/mm^2)

P_u = Beban maksimum benda uji (N)

b = lebar bidang lekatan (mm)

h = tinggi bidang lekatan (mm)

- b. Analisis grafik pengaruh hubungan prosentase kapur dengan kuat tekan ($f'c$). Menurut SNI 03-1974-1990 dan ASTM C39 untuk mengetahui kuat tekan digunakan rumus:

$$\sigma = \frac{P}{A} \left(\frac{N}{mm^2} \right)$$

Keterangan:

□ : Kuat tekan beton (N/mm^2).

P : beban maksimum (N)

A : Luas penampang benda uji (mm^2)

HASIL DAN PEMBAHASAN

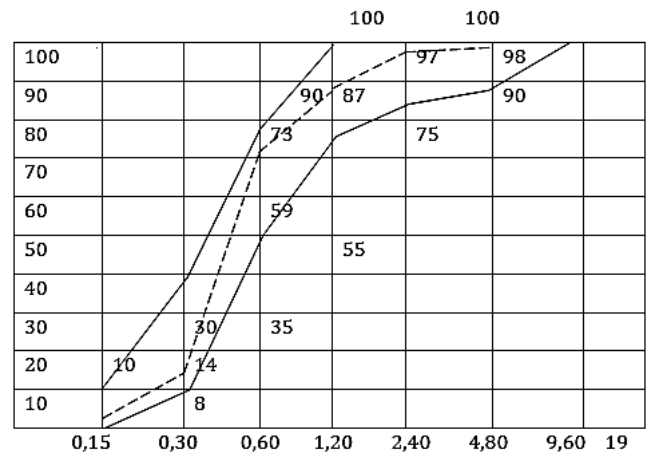
A. Hasil Pengujian Agregat Halus

Pengujian material yang dilakukan dalam penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui sifat dan karakteristik material-material yang digunakan dalam campuran mortar yang disesuaikan pada standar yang ada, seperti SNI dan ASTM.

Hasil dari pengujian agregat halus disajikan pada tabel dibawah ini.

Tabel 2 Analisa ayakan Pasir

Aayakan No	Tertinggal Gram	%	Komulatif	
			Tertinggal	Lolos
4	10	2	2	98
8	5	1,2	3,2	96,8
16	48	9,6	12,8	87,2
30	73	14,6	27,4	72,6
50	295	59	86,4	13,6
100	55	11	97,4	2,6
Pan	13	2,6		0,2
Jumlah	499	100	229,2	



Gambar 2 Grafik Analisa Ayakan Pasir

Hasil dan pembahasan dijelaskan pada uraian berikut:

- Berat pasir kering oven A = 246 gram
- Berat pasir kering permukaan jenuh = 250 gram
- Berat piknometer + air suling B = 339 gram
- Berat piknometer + Air + Pasir C = 498 gram
- Berat jenis SSD = $\frac{250}{339+250-498} = 2,75 \text{ gram / cc}$
- Berat jenis Kering oven = $\frac{246}{339+250-498} = 2,7 \text{ gram/cc}$
- Berat jenis semu = $\frac{246}{339+246-498} = 2,83 \text{ gram/cc}$
- Penyerapan = $\frac{250-246}{246} \times 100 \% = 1,63 \%$

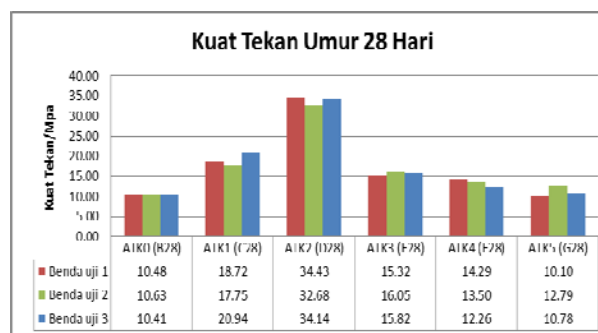
Berat Jenis kering permukaan jenuh = 2,50 gram/cc ini menunjukkan bahwa pasir cukup baik karena mempunyai berat jenis antara 2,0 – 3,0 gram/cc dan penyerapan 1,63 % cukup baik karena dibawah 5%.

B. Hasil Pengujian Abu Terbang (*Fly Ash*)

Pengujian abu terbang dimaksudkan untuk mengetahui kandungan kimia yang terkandung di dalam abu terbang tersebut. Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Sentral Mineral dan Material Maju FMIPA Universitas Negeri Malang (UM) menggunakan metode *X-Ray Fluorecence* (XRF).

Tabel 3 Hasil Abu Terbang (fly ash) dengan XRF

No.	Komponen	Kadar (%)
1	Al	4,9 +/- 0,2
2	Si	13,4 +/- 0,2
3	Eu	0,47 +/- 0,12
4	K	1,4 +/- 0,01
5	Ca	18,3 +/- 0,08
6	Ti	1,21 +/- 0,007
7	V	0,05 +/- 0,009
8	Cr	0,11 +/- 0,002
9	Mn	0,55 +/- 0,02
10	Fe	54,62 +/- 0,15
11	Ni	0,16 +/- 0,008
12	Cu	0,093 +/- 0,003
13	Zn	0,06 +/- 0,003
14	Sr	1,00 +/- 0,04
15	Rb	0,28 +/- 0,008
16	Mo	2,5 +/- 0,02
17	Ba	0,47 +/- 0,06
18	Re	0,1 +/- 0,03



Gambar 3 Diagram Batang Nilai Kuat Tekan Kubus Mortar Geopolymer Umur 28 Hari

Dari gambar 5 diatas, menunjukkan hasil kuat tekan kubus mortar *geopolymer* pada umur 28 hari. Pada kuat tekan umur 28 hari ada beberapa variasi yang mengalami kenaikan dari umur mortar sebelumnya yaitu pada variasi B, C, F, dan G Sedangkan untuk variasi D dan E yang memiliki kuat tekan paling tinggi dari semua variasi mengalami penurunan yaitu 33,750 MPa dan 15,728 MPa turun 0,768 MPa untuk variasi D dan 2,789 MPa untuk variasi E.

Dari data diatas dapat dianalisa menunjukkan bahwa semakin besar penambahan kapur sebagai sbitusi *fly ash*, maka kuat tekan yang didapatkan semakin kecil, akan tetapi pada konsentrasi atau prosentase tertentu mengalami kenaikan yang cukup signifikan dari variasi kontrol maupun yang lain. Hal tersebut dikuatkan dari penelitian dan teori sebelumnya bahwa kuat tekan mortar geopolimer ini memiliki kuat tekan yang cukup tinggi dari mortar konvensional biasa jika memiliki setting time yang lebih lama. Dengan penambahan kapur yang memiliki kandungan CaO yang cukup tinggi yaitu 98,01 +/- 0,03% dapat mempercepat setting time atau lama waktu pengerasan pada mortar. Dimana kuat tekan mortar terbesar terdapat pada variasi D. Hal Ini disebabkan karena penambahan kapur pada prosentasi 20% sebagai substitusi *fly ash*.

C. Hasil Pengujian Abu Terbang (Fly Ash)

Pengujian Kapur juga dilakukan di Laboratorium Sentral Mineral dan Material Maju FMIPA Universitas Negeri Malang (UM) menggunakan metode *X-Ray Fluorecence* yang bertujuan untuk mengetahui kandungan kimia yang terdapat dalam kapur.

Berikut adalah hasil pengujian kapur menggunakan metode *X-Ray Fluorecence* :

Tabel 4 Hasil Pengujian Kapur dengan XRF

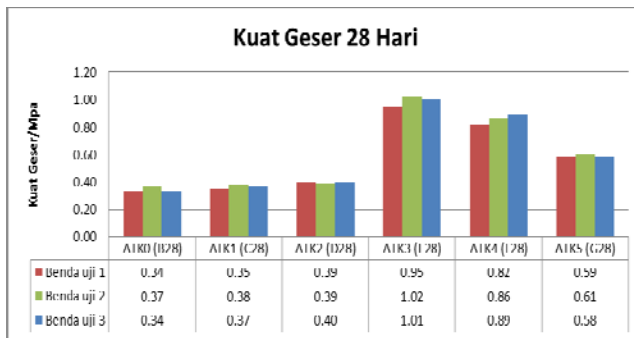
No.	Komponen	Kadar (%)
1	Ca	98,01 +/- 0,03
2	Fe	0,31 +/- 0,002
3	Cu	0,048 +/- 0,0005
4	Sr	0,89 +/- 0,02
5	Yb	0,76 +/- 0,02

D. Hasil Uji Kuat Tekan

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui kekuatan kubus mortar *geopolymer* persatuan luas. Pengujian kuat tekan dilakukan pada benda uji kubur mortar dengan ukuran 50 mm x 50 mm x 50 mm. Berikut ini adalah hasil uji tes kuat tekan mortar *geopolymer* umur 28 hari:

E. Hasil Uji Kuat Geser Spesi

Pengujian ini dilakukan pengukuran luasan geser spesi mortar pada pasangan batu bata dengan menggunakan jangka sorong. Pengujian ini telah disesuaikan berdasarkan SNI-03-4166-1996. Berikut ini adalah hasil penelitian umur 28 hari.



Gambar 4 Diagram Nilai Kuat Geser Spesi Mortar *Geopolymer* Umur 28 Hari

Berdasarkan grafik gambar 6 diatas dapat dilihat bahwa untuk spesi mortar *geopolymer* ATK0 (B28) diperoleh nilai kuat geser (fvh) sebesar 0,347 Mpa. Untuk spesi mortar *geopolymer* ATK1 (C28) diperoleh nilai kuat geser (fvh) sebesar 0,367 MPa. Untuk spesi mortar *geopolymer* ATK2 (D28) diperoleh nilai kuat geser (fvh) sebesar 0,395 MPa. Mortar *geopolymer* ATK3 (E28) diperoleh nilai kuat geser (fvh) sebesar 0,994 MPa. Mortar *geopolymer* ATK4 (F28) diperoleh nilai kuat geser (fvh) sebesar 0,857 MPa, dan untuk yang terakhir mortar *geopolymer* ATK5 (G28) diperoleh nilai kuat geser (fvh) sebesar 0,590 MPa. hasil kuat geser Kontrol (A28) tidak dimasukkan ke dalam grafik karena merupakan beton biasa (kontrol), tanpa ada penambahan alkali aktifator maupun *fly ash* dan kapur.

Dari uraian hasil tersebut didapatkan data kuat geser (fvh) yang semakin meningkat pada penambahan kapur padam kering dengan jumlah 10% ATK1 (C28), 20% ATK2 (D28), dan 30% ATK3 (E28) untuk penambahan dengan jumlah 30% ATK3 (E28) didapatkan data kuat geser (fvh) yang meningkat cukup besar, dan mengalami penurunan pada penambahan kapur padam kering dengan jumlah 40% ATK4 (F28) dan 50% ATK5 (G28) hal ini disebabkan terjadinya pengikatan yang baik pada prosentase penambahan kapur padam kering sebesar 30% yang memiliki kandungan kalsium yang cukup tinggi sehingga mempercepat reaksi polimer yang terjadi selama proses pengerasan, sehingga sesuai dengan tujuan awal penelitian untuk mengetahui seberapa besar penambahan kapur padam kering untuk nilai kuat geser optimumnya.

PENUTUP

A. Simpulan

Dari hasil penelitian, analisis data dan pembahasan maka dapat ditarik suatu kesimpulan sebagai berikut :

1. Penambahan kapur padam kering sebagai bahan substitusi abu terbang (*fly ash*) pada mortar *geopolymer* jika ditinjau dari nilai kuat tekannya mengalami kenaikan yang cukup signifikan. Penambahan kapur padam kering yang dilakukan pada penelitian ini yaitu sebesar 0%, 10%, 20%, 30%, 40% dan 50% mengacu pada penelitian sebelumnya. Jika dilihat dari grafik kuat tekan maka hasil yang paling optimum didapatkan diantara ketujuh variasi campuran adalah variasi campuran ATK2 (D) yang memiliki komposisi 20% kapur : 80% abu terbang. Dengan hasil kuat tekan paling tinggi yaitu sebesar 33,75 MPa dengan mutu beton yang ditargetkan awalnya K-225 atau fc' 19,30 MPa.
2. Nilai kuat geser mortar *geopolymer* dengan penambahan kapur sebagai substitusi abu terbang (*fly ash*) sebagai pengganti semen sebesar 10%, 20%, 30%, 40% dan 50% pada umur 28 hari adalah 0,35 MPa, 0,37 MPa, 0,39 MPa, 0,99 MPa, 0,86 MPa dan 0,59 MPa. Pengaruh penambahan kapur padam kering terhadap nilai kuat geser pada mortar *geopolymer* semakin meningkat pada penambahan kapur padam kering dengan jumlah 10% ATK1 (D28), 20% ATK2 (D28), dan 30% ATK3 (E28) untuk pada penambahan dengan jumlah 30% ATK3 (E28) didapatkan data kuat geser (fvh) yang meningkat cukup besar, dan mengalami penurunan pada penambahan kapur padam kering dengan jumlah 40% ATK4 (F28) dan 50% ATK5 (G28).
3. Nilai optimum penambahan kapur pada pembuatan mortar *geopolymer* untuk kuat tekannya sendiri terdapat pada prosentase penambahan kapur 20% variasi ATK2 (B) dengan nilai kuat tekan optimumnya sebesar 33,75 MPa. Sedangkan untuk kuat geser spesi pasangan bata nilai optimumnya terdapat pada prosentase penambahan kapur 30% variasi ATK3 (C) dengan nilai kuat geser optimumnya sebesar 0,99 MPa.

B. Saran

Untuk mendapatkan hasil yang lebih baik dari penelitian ini, maka saran untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan penelitian mortar *geopolymer* dengan menggunakan larutan alkali activator yang memiliki nilai kepekatan lebih tinggi yaitu NaOH 14 molar.

2. Perlu dilakukan penelitian yang meninjau *water solid ratio* yang paling optimum pada pembuatan mortar geopolymer.
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut pada penambahan kapur dengan komposisi 15% dan 25% pada pembuatan mortar geopolymer.
4. Perlu dilakukan peninjauan yang lebih pada proses pemilihan batu bata yang akan digunakan sebagai bahan bantu uji kuat geser.

DAFTAR PUSTAKA

Badan Standardisasi Nasional, SNI 15-4166-1996. 1996.

Metode Pengujian Kuat Geser Dinding Pasangan Bata Merah di Laboratorium, Bandung.

Badan Standardisasi Nasional, SNI 03-1974-1990. 1990.

Metode Pengujian Kuat Tekan Beton, Bandung.

Davidovits, Joseph. 1994. "Global Warming Impact on the Cement and Aggregates Industries". World

Manuahe, Riger. 2014."Kuat tekan beton *geopolymer* berbahan dasar abu terbang (*fly ash*)". Jurusan Teknik Sipil Universitas Samratulangi.

Maryoto, Agus. 2008."Pengaruh penggunaan *high volume fly ash* pada kuat tekan mortar". Jurusan Teknik Sipil Universitas Jendral Sudirman.

Subekti, Srie. 2009."Ketahanan kuat tekan pasta geopolimer molaritas 8 mol dan 12 mol terhadap agresifitas NaCl". Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Sutikno, 2013. *Teknologi Beton*. Surabaya: Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Surabaya.

Wardhono, Arie, David W. Law, dan Thomas C. K. Molyneaux. 2015. "Long Term Performance of Alkali Activated Slag Concrete". *Japan: Japan Concrete Institute*

Wardhono, Arie, David W. Law, dan Thomas C. K. Molyneaux. 2013. "Durability and Mechanical Properties of Alkali Activated Slag Concrete in Long Term Performance". *Japan: Japan Concrete Institute*

Wardhono, Arie, David W. Law, dan Thomas C. K. Molyneaux. 2012. "Strength of Alkali Activated Slag and Fly Ash-based Geopolymer Mortar". *Japan: Japan Concrete Institute*