

Effect of Calcium Oxide Material on The Setting Time of Geopolymer and Conventional Concrete Pastes

Pengaruh Bahan Kalsium Oksida Pada Waktu Pengikatan Pasta Beton Geopolimer dan Konvensional

**Mochammad Qomaruddin^{a,*}, Khotibul Umam^a, Istianah^a, Yayan Adi Saputro^a,
Purwanto^b**

^a*Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains & Teknologi, Universitas Islam Nahdlatul Ulama, Jl. Taman Siswa (Pekeng) Tahunan, Jepara, Indonesia.*

^b*Fakultas Teknik, Universitas Semarang, Jl. Soekarno-Hatta Tlogosari Semarang, Indonesia.*

*Corresponding author: qomar@unisnu.ac.id

Abstract

Geopolymer concrete with low calcium oxide fly ash occurs long enough hardening time. This study aims to influence the use of CaO in gypsum, lime and carbide waste in the testing of setting the time on geopolymer and conventional paste. The method used in this study is experimental setting time with a vicat needle with a percentage variation binder ratio of 100% FA:0%, 90%:10%, 80%:20%. Activator ratio 1:2 (NaOH:Na₂SiO₃) Molarity of NaOH used is 8M and 12M. The results of the setting time with differences in NaOH molarity affect the setting time of geopolymer paste, the higher the molarity used, the longer the setting time of the concrete paste. Geopolymer paste 8M and 12M with the addition of a high percentage of carbide, gypsum, and lime will accelerate the setting time. Conventional pasta has a longer setting time than geopolymer paste.

Keywords: *conventional pasta, geopolymer, setting time*

Abstrak

Beton geopolimer dengan abu terbang berkalsium oksida rendah terjadi waktu pengerasan yang cukup lama. Penelitian ini bertujuan pengaruh penggunaan CaO dibahan gipsium, kapur dan limbah karbit dalam pengujian waktu ikat pada pasta geopolimer dan konvensional. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimental waktu ikat dengan *vicat needle* berpersentase variasi perbandingan binder 100%FA:0%, 90%:10%, 80%:20%. Perbandingan aktivator 1:2 (NaOH:Na₂SiO₃) Molaritas NaOH yang dipakai yaitu 8M dan 12M. Hasil waktu ikat dengan perbedaan molaritas NaOH berpengaruh terhadap waktu ikat pasta geopolimer, Semakin tinggi molaritas yang digunakan maka memperlama waktu pengikatan pasta beton. Pasta geopolimer 8M dan 12M dengan penambahan limbah karbit, gipsium dan kapur dengan persentase tinggi akan mempercepat waktu pengikatan. Pasta konvensional memiliki pengikatan waktu yang lebih lama dibandingkan pasta geopolimer.

Kata kunci: pasta konvensional, geopolimer, waktu ikat

Pengaruh Bahan Kalsium Oksida pada Waktu Pengikatan Pasta Beton Geopolimer dan Konvensional

Pendahuluan

Fly ash (abu terbang) adalah bahan sisa pembakaran batubara dari industri pembangkitan listrik tenaga uap yang sudah tidak digunakan lagi (ASTM C618–96, 2012). *Setting time* (waktu pengikatan) adalah waktu yang dibutuhkan semen dan air bereaksi secara kimiawi dimulai pengikatan partikel sampai mengeras (pasta konvensional) atau abu terbang bercampur dengan aktivator (pasta geopolimer) kemudian akan mengalami reaksi sampai mengeras. Lamanya pengikatan sangat tergantung dari komposisi senyawa dalam semen termasuk suhu udara sekitarnya, waktu yang diperlukan bagi pasta geopolimer atau pasta konvensional untuk mengeras, terhitung mulai bereaksi saat pencampuran material semen dan air kemudian menjadi pasta hingga pasta cukup kaku untuk menahan tekanan (Arianto, 2013). Waktu pengikatan bertujuan untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan dalam reaksi solidifikasi antara air dengan semen yang ideal dalam campuran pengerasan beton (SNI 15-7064-2004). Waktu pengikatan dibedakan menjadi dua (ASTM C191-04-2004), yaitu:

1. Waktu ikat awal yaitu waktu saat pencampuran abu terbang dengan aktivator dari kondisi plastis menjadi tidak plastis atau setengah mengeras dan ditandai dengan adanya reaksi pengikatan sebagian pasta.
2. Waktu ikat akhir yaitu waktu antara terbentuknya pasta dari kondisi plastis hingga mengeras (padat) dan bisa dipisahkan dari bahan percampurannya.

Geopolimer merupakan sintesa dari material geologi yang terdapat pada alam atau material hasil produk sampingan industri seperti abu terbang yang kaya akan kandungan silika dan alumina (Davidovits, 1999). Geopolimer berupa pasta yang bereaksi pengikatannya melalui reaksi polimerisasi dan bukan melalui reaksi hidrasi seperti pada beton konvensional (Triwulan, 2007). Material pasta geopolimer ini digabungkan dengan agregat batuan kemudian dapat menghasilkan beton tanpa menggunakan semen (Manuahe, 2014). Material penyusun pada proses polimerisasi pasta geopolimer, memiliki 2 kandungan komponen solid terdiri dari komponen alkali aktivator berupa NaOH (*sodium hidroksida*) dan Na_2SiO_3 (*sodium silikat*) perbandingan 1:2 dengan molaritas 8M

dan 12M. Abu terbang banyak mengandung *silica*, *ferrit* dan aluminium berfungsi untuk direaksikan unsur-unsur Si dan Al yang terkandung dalam abu terbang dan digabungkan dengan pencampuran antara gipsum, limbah las karbit dan kapur padam sesuai dengan *mix design*.

Peneliti (Nath, 2014) menjelaskan bahwa pada umumnya dalam kondisi suhu ruang normal, geopolimer dengan pasta berkomposisi 100% abu terbang membutuhkan waktu pengerasan yang sangat lama. Sehingga agar mempercepat waktu pengerasan, Nath and Sarker menambahkan slag yang merupakan bahan mengandung CaO tinggi dan bersifat sama seperti kapur. Limbah las karbit atau biasa disebut kalsium karbit yang merupakan hasil sampingan pembuatan gas acetelin adalah berupa padatan berwarna putih kehitaman atau keabu-abuan yang berbau menyengat (Dewi, 2016).

Pada penelitian (Artini, 2017) menyimpulkan, bahwa pengaruh penambahan kapur pada pembuatan paving geopolimer berbahan dasar lumpur lapindo dan abu terbang dapat menurunkan *workability* yang berpengaruh penurunan kuat tekan paving.



Gambar 1. *Vicat needle*
Metode Penelitian

Pengujian eksperimental waktu pengikatan dilakukan untuk mengetahui bagaimana pengaruh kecepatan waktu pengerasan pada pasta semen dengan variasi bahan aditif yang berbeda dengan prosentase tertentu menggunakan alat vicat needle. Bahan dasar utama pembuatan pasta geopolimer yaitu abu terbang sisa proses pembakaran batu bara yang didapatkan dari PLTU Jepara Tanjung Jati B Jepara Unit 3 dan 4 Kabupaten Jepara – Jawa Tengah. Selain Abu terbang, penelitian ini menggunakan gipsum dari limbah PLTU yang sama. Limbah las karbit dari limbah bengkel pengelasan konstruksi baja, dan kapur padam didapatkan dari toko material.

Langkah penelitian dimulai dengan pembuatan variasi campuran untuk mengetahui prosentase bahan material yang akan digunakan dengan variasi perbandingan semen/abu terbang : (Kapur/Gypsum/Limbah Karbit) = 100% : 0%, 90% : 10%, 80% : 20%. Pembuatan benda uji dilakukan dengan mencampurkan bahan binder seberat 800 gram per sampel disetiap variasi dan jumlah air maupun aktivator sebanyak 321 gram atau 0.4%

dari jumlah binder, dengan ketentuan perbandingan *sodium hidroksida* dan *sodium silika* sebesar 1:2 maka dibutuhkan NaOH sebanyak 107 gram dan Na₂SiO₃ sebanyak 214 gram. Variasi yang akan dibuat dalam penelitian ini terbagi menjadi 7 jenis campuran dengan 3 jenis pasta yang berbeda yaitu pasta konvensional, pasta geopolimer 8M dan pasta geopolimer 12M. Disajikan variasi benda uji lebih jelas pada Tabel 1.

Tabel 1. Variasi campuran benda uji

Pasta Konvensional (%:%)	Pasta Geopolimer (%:%)	
	8M	12M
Semen:Limbah Karbit	Abu terbang:Limbah Karbit	Abu terbang:Limbah Karbit
100PC:0LK	100FA:0LK	100FA:0LK
90PC:10LK	90FA:10LK	90FA:10LK
80PC:20LK	80FA:20LK	80FA:20LK
Semen:Gypsum	Abu terbang:Gypsum	Abu terbang:Gypsum
100PC:0GP	100FA:0GP	100FA:0GP
90PC:10GP	90FA:10GP	90FA:10GP
80PC:20GP	80FA:20GP	80FA:20GP
Semen:Kapur Padam	Abu terbang:Kapur Padam	Abu terbang:Kapur Padam
100PC:0KP	100FA:0KP	100FA:0KP
90PC:10KP	90FA:10KP	90FA:10KP
80PC:20KP	80FA:20KP	80FA:20KP



Gambar 2. (a) Abu terbang, (b) Gypsum, (c) Limbah Karbit, (d) Kapur padam, (e) Semen

Jumlah sample pasta yang dibuat pada penelitian ini berjumlah 21 sampel pasta dengan 3x pengulangan lalu dirata rata hasilnya, dengan masing-masing pasta konvensional 7 sampel dan pasta geopolimer 14 sampel (konsentrasi NaOH 8M dan 12M). Analisis pengujian dapat ditentukan jika didapatkan waktu pengikatan saat waktu ikat awal sampai waktu ikat akhir dengan 7 variasi benda uji

dimulai campuran pengontrol Abu terbang 100%, kemudian membandingkan pengaruh bahan tambah dari limbah karbit, gipsum dan kapur padam dengan prosentase 10% dan 20%.

Hasil Dan Pembahasan

Komposisi kimia pada Abu terbang, limbah karbit, kapur dan gipsum diambil dari hasil pengujian EDX yang disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Komposisi kimia abu terbang, limbah karbit, gipsum, kapur

Parameter	Komposisi Kimia (%)			
	Abu terbang	Limbah karbit	Gipsum	Kapur
Aluminium Trioxide (Al ₂ O ₃)	24,16	4,84	-	-
Iron Trioxide (Fe ₂ O ₃)	9,09	-	-	-
Calcium Oxide (CaO)	7,03	63,95	32,61	45,16
Magnesium Oxide (MgO)	3,02	-	-	0,50
Sulfite (SO ₃)	0,78	5,15	41,15	-
Silica Dioxide (SiO ₂)	47,66	1,97	-	-
Kalium Oxide (K ₂ O)	2,04	-	-	-
Natrium Oxide (Na ₂ O)	2,91	-	-	-
Carbon (C)	-	23,06	-	49,06
Tembaga (II) Oksida, CuO	-	1,03	-	1,61
Chloride (Cl)	-	-	0,36	-
Zirkon Oksida, ZrO ₂	-	-	-	2,49
Zink Oksida, ZnO	-	-	-	1,18
Difosfurus Pentaoksida P ₂ O ₅	-	-	0,11	-
Air (H ₂ O)	-	-	19,96	-

Hasil Pengujian Waktu Pengikatan Geopolimer 8M

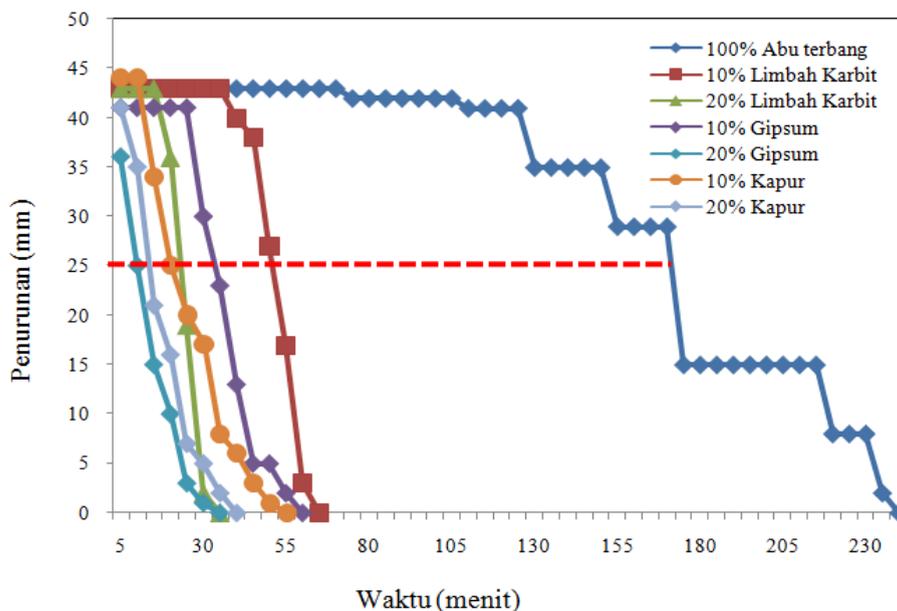
Pengujian waktu ikat awal saat penurunan jarum vicat menyentuh di angka 25 mm dengan berbagai variasi mix tambahan kapur, gipsum dan limbah

karbit pada pasta geopolimer 8M ini menghasilkan pola garis grafik. Penggunaan molaritas 8M merupakan representasi dari beton geopolimer sebagai standar penggunaan untuk struktur bangunan (Ekaputri, 2007). Sebagai

komparasi antar molaritas dalam pasta geopolimer.

Hasil yang di dapat pada Gambar 3. menunjukkan waktu ikat awal dengan penurunan 25 mm terjadi selama kurun waktu yang diambil setiap 15 menit jatuhnya jarum. Waktu ikat awal dan waktu ikat akhir yang paling cepat terjadi pada variasi penambahan gipsium 20% dengan waktu ikat akhir 33 menit 6 detik. Kondisi penambahan gipsium, kapur dan limbah karbit sebesar 20% sangat mempengaruhi kecepatan waktu pengerasan dalam pasta beton geopolimer. Kemungkinan pengaruh kandungan kimia kalsium oksida yang tinggi (Tabel 2) dalam campuran pasta juga dapat mempengaruhi proses polimerisasi.

Sebagai kontrol untuk pengikatan awal yang paling lama terjadi pada pasta Abu terbang 100% yang dalam hal ini sebagai kondisi normal beton geopolimer digunakan dengan menunjukkan waktu pengikatan selama 171 menit 4 detik dan waktu ikat akhir selama 240 menit. Hal ini menjadi wajar dan dapat digunakan dalam konstruksi beton. Adapun hasil percepatan pengerasan dalam kurun waktu 60 menit yang dapat digunakan dalam campuran beton pada penambahan limbah karbit 10%. Dapat digunakan untuk campuran beton paving atau batako yang tidak memerlukan waktu lama untuk pengerasannya. Wujud fisik yang terlihat pada pasta geopolimer 8M seperti kenyal dan lengket.



Gambar 3. Pengujian waktu pengikatan geopolimer 8M.



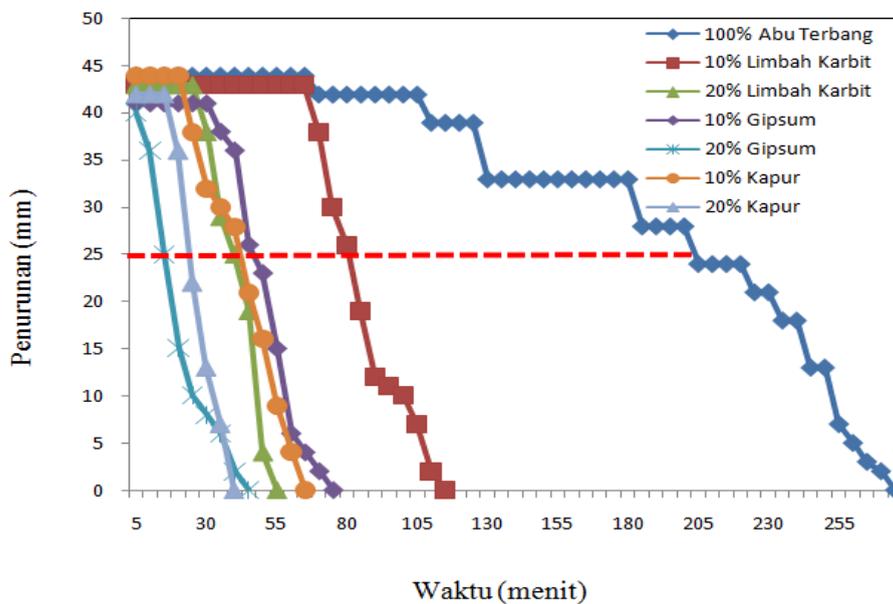
Gambar 4. Pasta geopolimer 8M

Hasil Pengujian Waktu Pengikatan Geopolimer 12M

Sama halnya pengujian waktu ikat pasta geopolimer penggunaan konsentrasi NaOH 8M, pada pasta geopolimer 12M menghasilkan waktu ikat awal maupun waktu ikat akhir dengan 7 variasi benda uji abu terbang, dengan variasi penambahan limbah karbit, gipsium dan kapur padam

dengan prosentase 10% dan 20% menggunakan molaritas NaOH 12M.

Dari analisa grafik Gambar 5. menunjukkan bahwa waktu ikat awal yang paling cepat terjadi pada variasi penambahan gipsium 20% dengan waktu ikat akhir 25 menit yang sudah mengalami pengerasan dengan penurunan jarum vicat 0 mm, yang artinya mengalami solidifikasi fisik. Setelah semua mengetahui waktu pengikatan pasta geopolimer yang cepat dapat menyebabkan banyak masalah dilapangan nantinya, seperti susahnya dalam mengaduk komposisi material beton dengan mencampur aktivator dan waktu pengikatan yang sangat cepat (Risdanareni, 2015).



Gambar 5. Pengujian waktu pengikatan geopolimer 12M.



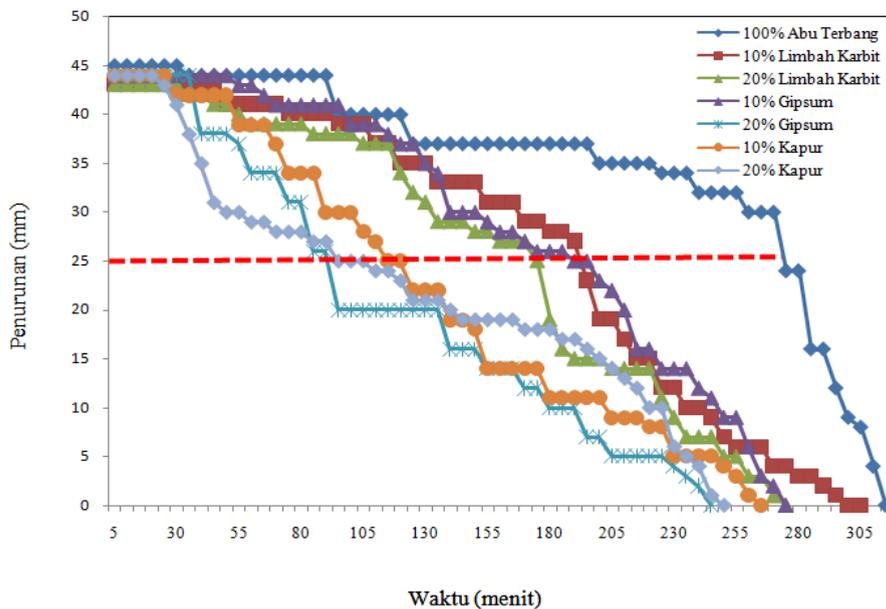
Gambar 6. Pasta geopolimer 12M

Untuk waktu ikat awal dan waktu ikat akhir pada binder prosentase 10% dan 20% memiliki waktu yang paling lama terjadi pada limbah las karbit 10% terjadi dengan waktu selama 80 menit 7 detik. Sedangkan waktu ikat akhirnya selama 110 menit. Pada kondisi normal pasta geopolimer 100% abu terbang dengan

waktu pengikatan awal selama 203 menit 7 detik. Sedangkan waktu ikat akhir selama 275 menit.

Hasil Pengujian Waktu Pengikatan Konvensional

Pada pengujian waktu ikat pasta konvensional mendapatkan hasil dari waktu ikat awal maupun waktu ikat akhir dengan 7 variasi benda uji dengan uji kontrol normal pada binder semen 100%, limbah karbit, gipsium dan kapur padam dengan prosentase 10% dan 20%. Semen dipengaruhi oleh hidrasi panas dan suhu ruangan yang tinggi dapat mempercepat pengikatan pasta konvensional.



Gambar 7. Pengujian waktu pengikatan konvensional.

Dari Gambar 7. grafik menunjukkan bahwa dengan penambahan prosentase

bahan aditif berkalsium oksida tinggi yang semakin besar dapat mempercepat proses

pengikatan baik pada pengikatan awal maupun pengikatan akhir. Semua sampel pada grafik penurunan jarum berlaku surut seiring bertambahnya waktu pengikatan. Ini membenarkan peneliti (Artini, 2017), yang menambahkan kapur pada paving bahwa semakin bertambah kapur akan mempengaruhi waktu pengikatan yang lebih cepat.

Membandingkan grafik pada Gambar 5. dengan Gambar 7. juga memperlihatkan dari kedua pasta yang berbeda fisik dan kimiawi bahwa waktu ikat akhir yang paling cepat pada pasta geopolimer normal (abu terbang 100%) dengan waktu ikat 275 menit atau lebih cepat 35 menit dari pasta konvensional. (Gourley, 2005) juga menguatkan dugaan bahwa penambahan kalsium oksida tinggi maka dapat mengganggu proses polimerisasi dan mengubah *mikrostructure* pada beton.



Gambar 8. Pasta konvensional

Kesimpulan

Hasil analisis eksperimental waktu ikat ini disimpulkan sebagai berikut (a) Pasta geopolimer 8M dan 12M dengan penambahan limbah las karbit, gipsum dan kapur padam dengan persentase yang tinggi pada pasta geopolimer akan mempercepat waktu pengikatan. Ini dikarenakan adanya unsur kalsium yang tinggi pada pasta tersebut. (b) Molaritas NaOH berpengaruh terhadap waktu ikat pasta geopolimer, Semakin tinggi molaritas yang digunakan maka memperlama waktu pengikatan beton. (c) Pasta konvensional memiliki pengikatan waktu yang lebih lama dibandingkan pasta geopolimer.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat Ristekdikti yang mensupport pendanaan melalui skim Penelitian Dosen Pemula Tahun Anggaran 2019.

Daftar Pustaka

- Arianto.R, Kurniawandy, A., & Ermiyanti, 2013, *Kuat Tekan Dan Waktu Ikat Semen Portland Pozzolan*.
- Artini, S.W, 2017, *Pengaruh Penambahan Kapur Dalam Pembuatan Paving*

- Stone Geopolimer Berbahan Dasar Lumpur Lapindo Dan Abu Terbang Terhadap Kuat Tekan Dan Permeabilitas (Penyerapan)*. Surabaya: Rekayasa Teknik Sipil Volume 01.
- ASTM C191 – 04, 2004, *Standart Test Method For Time Of Setting Of Hydraulic Cement By Vicat Needle*. ASTM Internasional.
- ASTM C618–96, 2012, *Standart Specification For Coal Fly Ash And Raw Or Calcined Natural Pozzoland For Use In Concrete*. ASTM Internasional
- Davidovits, J, 1999, *Chemistry of geopolimer System, Terminology*. Paper presented at the Geopolymer '99 International Conference, Saint-Quentin,France.
- Dewi, N.R., Dermawan, N., Ashari, N.M., 2016, "Studi Pemanfaatan Limbah B3 Karbit Dan Fly Ash Sebagai Bahan Campuran Beton Siap Pakai (BSP) (Studi Kasus:PT. Varia Usaha Beton)". Jurnal PRESIPITASI Vol. 13 No.1 Maret, ISSN 1907-187X.
- Ekaputri, J.J, Triwulan, & Damayanti, O., 2007, *Sifat Mekanik Beton Geopolimer Berbahan Dasar Fly Ash Jawa Power Paiton Sebagai Material Alternatif*. Surabaya: Jurnal Pondasi, Volume 13 no 2 Desember ISSN 0853-814X.
- Gourley, J. T., & Johnson, G. B., 2005, *Develoments in geopolimer precast concrete*. Paper presented at the World Congress Geopolymer, Saint-Quentin, France.
- Manuahe, R., Sumajouw, M.D.J., & Windah, R.S., 2014, *Kuat Tekan Beton Geopolimer Berbahan Dasar Abu Terbang (Fly Ash)*. Jurnal Sipil Statik Vol.2 No.6, September hal.277-282, issn:2337-6732.
- 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.
- Risdanareni, P, Ekaputri, J.J, Abdullah, M.M.A.B, 2015, "Effect Of Alkaline Activator Ratio To Mechanical Properties Of Geopolimer Concrete With Trass As Filler". Applied Mechanics and Materials Vol. 754-755 pp 406-412.
- SNI 15-7064, 2004, *Pengujian vicat*. Bandung: Badan Standar Nasional.
- Triwulan, Ekaputri, J.J., & Adiningtyas, T, 2007, *Analisa Sifat Mekanik Beton Geopolimer Berbahan Dasar Fly Ash Dan Lumpur Porong Kering Sebagai Pengisi*. Jurnal Teknologi Dan Rekayasa Sipil "Torsi"/Nopember No.3