

KONTRIBUSI PEMBERIAN KAPUR PADA SEMEN GEOPOLIMER TERHADAP WAKTU PENGKERASAN DAN KUAT TEKAN

Mulyadi Muis¹, Firdaus²

¹Magister Teknik Sipil, Bina Darma University, Palembang, Indonesia

²Prodi Magister Teknik Sipil, Bina Darma University, Palembang, Indonesia

Email: ¹mulyadimuis99@gmail.com, ²firdaus.dr@binadarma.ac.id

Abstrak

Pada penelitian ini proses pembuatan semen geopolimer dibuat dengan pemberian kapur sebagai aktivator pengganti Na_2SiO_3 berdasarkan perbandingan antara NaOH dan kapur dengan rasio perbandingan $\text{NaOH} : \text{Kapur}$ sebesar 1 : 2,7 ; 1 : 2,5 ; 1 : 2,3 dengan menggunakan 2 jenis kapur yaitu kapur dolomit dan kapur tohor. Untuk dapat mengetahui pengaruh penambahan kapur pada semen geopolimer tersebut dibuat benda uji berupa pasta semen geopolimer dengan melakukan pengujian setting time dan kuat tekan pada umur 3, 7 dan 14 hari terhadap benda uji tersebut. Dari penelitian didapat untuk pengujian waktu ikat yang paling cepat ialah variabel yang memiliki kandungan kapur lebih banyak baik itu untuk jenis kapur tohor, V4 (1 : 2,7) dengan waktu 120 menit maupun jenis kapur dolomit, V1 (1 : 2,7) dengan waktu 315 menit. Untuk pengujian kuat tekan variabel yang memiliki nilai kuat tekan paling tinggi pada umur 14 hari ialah V4 (1 : 2,7) untuk jenis kapur tohor dengan nilai 12,40 MPa dan V1 (1 : 2,7) untuk jenis kapur dolomit dengan nilai 7,80 MPa..

Kata Kunci : fly ash, kapur dan pasta

Abstract

In this research, the process of making geopolimer cement was made by adding lime as an activator to replace Na_2SiO_3 based on the ratio between NaOH and lime with a $\text{NaOH} : \text{Lime}$ ratio of 1 : 2.7; 1 : 2.5 ; 1 : 2.3 using 2 types of lime, namely dolomite lime and quicklime. To be able to determine the effect of adding lime to geopolimer cement, a test object was made in the form of geopolimer cement paste by testing the setting time and compressive strength at the age of 3, 7 and 14 days on the test object. From the research, it was found that the fastest setting time test was the variable that had more lime content, both for the quicklime type, V4 (1 : 2.7) with a time of 120 minutes and the dolomite lime type, V1 (1 : 2.7). with a time of 315 minutes. For the compressive strength test, the variable which has the highest compressive strength value at 14 days is V4 (1 : 2.7) for quicklime with a value of 12.40 MPa and V1 (1 : 2.7) for dolomite lime with a value 7.80 MPa.

Keywords : fly ash, lime and paste

I. PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Material utama pembuatan beton adalah semen portland, dalam produksi semen portland pelepasan karbon dioksida (CO₂) meningkat dalam jumlah yang besar ke atmosfer (Flower and Sanjayan, 2007), yang menyebabkan kerusakan pada lingkungan hidup.

Telah banyak dilakukan penelitian mengenai bahan dalam pembuatan semen yang lebih ramah lingkungan, salah satunya adalah semen geopolimer yang menggunakan limbah industri. Material bekas limbah industri memiliki komposisi silika (SiO₂) dan aluminium (Al₂O₃), bahan dicampur air dan bahan kimia sebagai pengikat, yaitu natrium hidroksida (NaOH) dan natrium silikat (Na₂SiO₃).

Geopolimer adalah campuran beton di mana penggunaan material semen portland sebagai bahan pengikat digantikan oleh bahan lain seperti abu terbang (fly ash). Geopolimer merupakan material ramah lingkungan (environmentally friendly) yang dikembangkan sebagai alternatif pengganti beton semen. Geopolimer juga merupakan bahan baru yang digunakan untuk pelapis, perekat, pengikat baru untuk komposit serat dan semen baru untuk beton. Bahan dasar utama beton geopolimer adalah silika dan aluminium yang banyak terdapat pada material limbah industri, seperti abu terbang atau fly ash.

Di Indonesia abu terbang atau fly ash yang dihasilkan dari pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) dengan bahan bakar batu bara semakin meningkat setiap tahun. Ditahun 2000 produksi fly ash mencapai 250.000 meter kubik pertahun dan meningkat sebelas kali lipat pada tahun 2009 (Sufriady, 2010).

Selain itu material yang juga dapat dimanfaatkan yaitu kapur, karena di Indonesia memiliki cadangan kapur yang begitu melimpah. Kapur merupakan sebuah benda putih dan halus terbuat dari batu sedimen, membentuk bebatuan yang terdiri dari mineral kalsium. Persediaan kapur di Indonesia cukup banyak memungkinkan digunakan untuk kontribusi pemberian pada pembuatan semen geopolimer.

Sebagian besar dari batu-batuan ini terdapat dalam bentuk senyawa kalsium karbonat (CaCO₃), tersebar hampir di seluruh kepulauan Indonesia. Salah satu jenis kapur yang digunakan dalam penelitian ini adalah kapur tohor yang merupakan material hasil bakaran dari batu kapur.

Penelitian ini mencoba mengkaji pengaruh kontribusi pemberian kapur pada semen geopolimer terhadap waktu pengerasan dan kuat tekan.

I.2 Rumusan Masalah

Bagaimana pengaruh kontribusi penggunaan kapur terhadap kuat tekan semen geopolymer dan pengaruh kontribusi penggunaan kapur terhadap waktu pengerasan (setting time) semen geopolymer

I.3 Tujuan Penelitian

Adapun yang dapat diangkat / dicapai dari tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menganalisis pengaruh kontribusi pemberian kapur terhadap kuat tekan semen geopolimer.
2. Menganalisis pengaruh kontribusi pemberian kapur terhadap waktu pengerasan (setting time) yaitu untuk menentukan waktu ikat awal (initial setting) dan waktu ikat akhir (final setting) dari mulainya pencampuran bahan sampai bahan semen geopolimer mengeras.
3. Menguji apakah kapur dapat digunakan sebagai bahan alternatif pengganti aktivator Na_2SiO_3 .

I.4 Manfaat Penelitian

Diharapkan dari penelitian ini dapat bermanfaat untuk perkembangan teknologi beton sebagai berikut :

1. Sebagai salah satu informasi pembuatan semen geopolimer dengan pemberian kapur sebagai bahan alternatif pengganti aktivator Na_2SiO_3 yang diharapkan bisa dilakukan penelitian lebih lanjut oleh pihak yang berkompeten dalam pemanfaatan sumber daya alam kapur.
2. Meningkatkan nilai ekonomi untuk masyarakat di daerah penghasil kapur sehingga harga material kapur akan naik dan pendapatan masyarakat di daerah tersebut akan lebih meningkat.

I.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Pengujian ini menggunakan bahan sebagai berikut :
 - a. Fly Ash, sumber : PT. Pupuk Sriwijaya (PT. Pusri) Sumatera Selatan
 - b. NaOH, sumber : Toko Sumber Kimia, Palembang – Sumatera Selatan
 - c. Kapur Dolomit, sumber : Toko Pertanian di Kabupaten Muara Enim
 - d. Kapur Tohor, sumber : Toko Pramuka Jakarta, Jakarta Utara
 - e. Air (Air biasa non Aquades), sumber PDAM Tirta Musi Palembang
2. Reaksi kimia tidak di tinjau.
3. Pengujian produk akhir yang dilaksanakan adalah sebagai berikut : Pasta : Waktu ikat (Setting Time) dan Kuat Tekan.
4. Kapur yang digunakan dalam pengujian ini ada 2 jenis, yaitu kapur dolomit dan kapur tohor
5. Perawatan benda uji dilakukan pada suhu ruangan.
6. Pemberian kapur pada semen geopolimer ini berdasarkan perbandingan antara NaOH dan kapur dengan rasio perbandingan nya sebagai berikut : NaOH : Kapur = 1 : 2,7 ; 1 : 2,5 ; 1 : 2,3

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi

2.1.1 Perbedaan Metode Pencampuran Basah dan Kering Semen Geopolimer

Metode pencampuran basah merupakan metode yang umum digunakan dalam proses pembuatan beton geopolimer. Maksudnya ialah, bahan kimia alkali aktivator yang digunakan disajikan sendiri dalam bentuk larutan. Padatan NaOH (Natrium Hidroksida) dilarutkan sesuai konsentrasi molar yang diinginkan dan Na_2SiO_3 (Natrium Silikat) berwujud larutan atau biasa disebut water glass. larutan tersebut kemudian dicampur dengan bahan pozzolan yang disiapkan dalam wadah tersendiri sebelumnya (Abdullah et al, 2013).

Metode pencampuran kering merupakan metode dimana bahan kimia alkali aktivator digiling bersamaan dengan bahan pozzolan dengan komposisi tertentu, sehingga menghasilkan suatu butiran halus mirip semen (semen geopolimer). Semen geopolimer ini cukup ditambahkan air saja dalam aplikasi penggunaannya (Tri Eddy, 2016).

2.1.2 Semen Geopolimer

Semen geopolimer adalah salah satu semen hasil temuan dan dipopulerkan oleh Prof. Joseph Davidovits, semen geopolimer merupakan sintesa dari bahan alam non organik lewat proses polimerisasi. Bahan baku utama yang diperlukan untuk pembuatan semen geopolimer adalah bahan-bahan yang banyak mengandung unsur-unsur silika (SiO_2) dan alumina (Al_2O_3) (Muhammad Amin dan Suharto, 2017).

2.2 Bahan Semen Geopolimer

2.2.1 Fly Ash

Menurut ASTM C618 abu terbang (fly ash) dibagi menjadi dua kelas sebagai berikut :

- a. Abu terbang (fly ash) kelas f
- b. Abu terbang (fly ash) kelas C

2.2.2 Natrium Hidroksida (NaOH)

NaOH merupakan salah satu jenis alkali hidroksida yang digunakan dalam suatu bahan pengikat geopolimer. NaOH lebih banyak dipilih karena lebih murah harganya.

2.2.3 Kapur

Kapur adalah kalsium oksida (CaO) yang dibuat dari batuan karbonat yang dipanaskan pada suhu tinggi. Kapur tersebut umumnya berasal dari batu kapur. Kapur bereaksi

dengan bermacam-macam komponen pozzolon yang halus untuk membentuk kalsium silika semen. Fly ash mempunyai sifat pozzolon sehingga bila dicampur

dengan kapur dan air akan bereaksi membentuk kalsium silikat hidrat (C-S-H). Jenis kapur yang digunakan dalam pembuatan semen geopolimer ini adalah sebagai berikut :

- 1). Kapur tohor adalah hasil pembakaran batu kapur alam yang komposisinya sebagian besar merupakan kalsium karbonat (CaCO_3) pada temperature di atas 900 derajat Celsius terjadi proses calsinasi dengan pelepasan gas CO_2 hingga tersisa padatan CaO atau bisa juga disebut Quick Lime. CaCO_3 (batu kapur) \rightarrow CaO (kapur tohor) + CO_2
- 2). Kapur dolomit adalah kapur yang dibentuk dengan cara menghaluskan batuan kapur yang mengandung magnesium tanpa pemanasan. Kapur ini mengandung kalsium (CaO) dan Magnesium (MgO).

2.2.4 Air

Secara umum air yang dapat digunakan untuk dicampur dengan semen geopolimer dalam pembuatan pasta adalah air yang menurut SNI 03-6861.1-2002, harus bersih, tidak mengandung lumpur, minyak dan benda terapung lainnya yang dapat dilihat secara visual, tidak mengandung benda-benda tersuspensi lebih dari 2 gram/liter dan tidak mengandung garam-garam yang dapat larut.

2.3 Pengujian Pasta Semen Geopolimer

2.3.1 Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan pada umur 7, 14, dan 28 hari menggunakan alat uji tekan beton (Compression Testing Machine). Pengujian kuat tekan dilakukan dengan cara uji tekan dengan mengambil standar pengujian berdasarkan ASTM C 496 – 11.

2.3.2 Waktu Ikat (Setting Time)

Pengujian dilakukan untuk mengetahui pengikatan awal dan akhir dari bahan pengikat.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Metode Penelitian

Metode pada penelitian ini diawali dengan studi literatur, kemudian dilakukan pengujian eksperimental. Metode penelitian eksperimental adalah metode dengan membuat sampel benda uji dengan jumlah tertentu dan variabel tertentu yang kemudian diuji untuk mendapatkan data.

3.2. Lokasi Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Bina Darma Palembang.

3.3. Bahan dan Alat Penelitian

3.3.1 Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan di dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bahan Kimia NaOH (Natrium Hidroksida)
 2. Fly Ash
 3. Kapur Dolomit
 4. Kapur Tohor
 5. Air Bersih (non aquades)
- 3.3.2 Alat Penelitian

Peralatan yang digunakan meliputi peralatan untuk persiapan bahan hingga pengujian benda uji adalah sebagai berikut :

1. Timbangan Digital
2. Satu Set Saringan dan Alat Penggetar (Sieve Shaker)
3. Silinder Ukur 100 ml
5. Wadah Pencampur
6. Mesin Pencampur (Mixer)
7. Alat Uji Kuat Tekan
8. Alat Vicat Apparatus (Waktu Ikat)
9. Cetakan Kubus uk. 5 cm x 5 cm x 5 cm

3.4. Variabel Penelitian

Variabel penelitian adalah sesuatu yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari sehingga diperoleh data untuk kemudian ditarik kesimpulannya. Dalam penelitian ini variabel yang digunakan adalah variabel bebas (independent variabel) dan variabel terikat (dependent variabel).

Variabel bebas pada penelitian ini adalah variasi Fly Ash dan Air, sementara variabel terikat dalam penelitian ini yaitu NaOH dan Kapur. Dalam penelitian ini, sampel yang digunakan adalah sampel kubus ukuran 5x5x5 cm untuk umur pengujian 3, 7, 14, hari dengan total sampel sebanyak 36 sampel.

Variabel penelitian dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 3.1 : Jumlah Benda Uji Pasta Semen

Kode Variabel	Kode Sampel	Umur Pengujian			Total Benda Uji
		3 Hari	7 Hari	14 Hari	
V1	GKD-2,7	2	2	2	6
V2	GKD-2,5	2	2	2	6
V3	GKD-2,3	2	2	2	6
TOTAL					18

Note :

- GKD = Geopolimer Kapur Dolomit
- Benda Uji Kubus 5 x 5 x 5 cm

Kode Variabel	Kode Sampel	Umur Pengujian			Total Benda Uji
		3 Hari	7 Hari	14 Hari	
V4	GKT-2,7	2	2	2	6
V5	GKT-2,5	2	2	2	6
V6	GKT-2,3	2	2	2	6
TOTAL					18

Note :

- GKT = Geopolimer Kapur Tohor
- Benda Uji Kubus 5 x 5 x 5 cm

3.5. Variabel Komposisi Campuran

Proporsi campuran pasta yaitu : Fly Ash, NaOH, Kapur dan Air yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 3.2 : Variabel Komposisi Campuran
Pasta Semen Geopolimer

Kode Variabel	Kode Sampel	Parameter Semen				Parameter Pasta
		Prekursor = 77%		Aktivator = 23%		Air : Semen (FAS)
		Fly Ash	(NaOH : KD)	(NaOH : KD)		
V1	GKD-2.7	77,0%	6,2%	16,8%	1 : 2,7	0,17%
V2	GKD-2.5	77,0%	6,6%	16,4%	1 : 2,5	0,17%
V3	GKD-2.3	77,0%	7,0%	16,0%	1 : 2,3	0,17%

Kode Variabel	Kode Sampel	Parameter Semen				Parameter Pasta
		Prekursor = 77%		Aktivator = 23%		Air : Semen (FAS)
		Fly Ash	(NaOH : KT)	(NaOH : KT)		
V4	GKT-2.7	77,0%	6,2%	16,8%	1 : 2,7	0,17%
V5	GKT-2.5	77,0%	6,6%	16,4%	1 : 2,7	0,17%
V6	GKT-2.3	77,0%	7,0%	16,0%	1 : 2,7	0,17%

Note :

- GKD = Geopolimer Kapur Dolomit
- Benda Uji Kubus 5 x 5 x 5 cm

Note :

- GKT = Geopolimer Kapur Tohor
- Benda Uji Kubus 5 x 5 x 5 cm

3.6. Proses Pembuatan Benda Uji Pasta Semen Geopolimer

1. Fly ash, NaOH dan kapur setelah ditimbang kemudian dicampur dan diaduk dengan menggunakan mixer hingga homogen.
2. Setelah fly ash, NaOH dan kapur homogen lalu ditambahkan air dan diaduk dengan menggunakan mixer hingga homogen menjadi pasta, setelah menjadi pasta masukkan campuran kedalam cetakan benda uji kubus uk. 5x5x5 cm hingga penuh.
3. Lakukan proses penumbukan sebanyak 32 kali untuk setiap layer lapisan pasta semen geopolimer (3 layer) kemudian dihaluskan hingga permukaan atas merata.
4. Benda uji di simpan dalam ruangan selama 24 (dua puluh empat) jam.
5. Setelah waktu penyimpanan benda uji tercapai buka cetakan kubus dari benda uji dan beri kode pada masing-masing benda uji.
6. Benda uji untuk pengujian kuat tekan disimpan menggunakan suhu ruang selama 3, 7 dan 14 hari.

3.7. Pengujian Benda Uji Pasta Semen Geopolimer

3.7.1 Pengujian Kuat Tekan

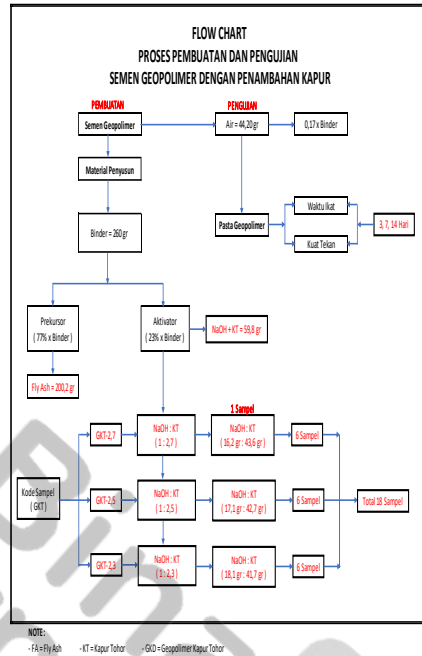
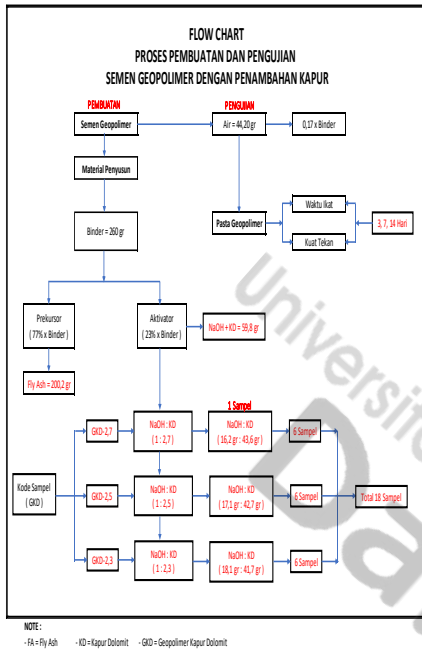
Prosedur pengujian kuat tekan beton berdasarkan SNI 03-1974-1990 tentang Metode Pengujian Kuat Tekan Beton.

3.7.2 Pengujian Setting Time

Pengujian waktu ikat semen geopolimer mengacu pada ASTM C-91-82 dengan semen geopolimer sebagai material nya.

3.8. Diagram Alur Penelitian

3.8.1 Kapur Dolomit dan Kapur Tohor



IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Komposisi Campuran Bahan Pasta Semen Geopolimer

Total kebutuhan bahan pembuatan sampel benda uji untuk semua variabel adalah sebagai berikut :

Tabel 4.1 : Komposisi Campuran
Pasta Semen Geopolimer (Kapur Dolomit & Kapur Tohor)

Kode Variabel	Kode Sampel	Perbandingan Prekursor : Aktivator	Semen Geopolimer			Pasta Geopolimer
			Fly Ash (gram)	NaOH (gram)	Kapur Dolomit (KD) (gram)	Air (gram)
V1	GKD-2.7	77,0% : 23,0%	200,2	16,2	43,6	44,2
	Total 6 Sampel Kubus		1201,2	97,0	261,8	265,2
V2	GKD-2.5	77,0% : 23,0%	200,2	17,1	42,7	44,2
	Total 6 Sampel Kubus		1201,2	102,5	256,3	265,2
V3	GKD-2.3	77,0% : 23,0%	200,2	18,1	41,7	44,2
	Total 6 Sampel Kubus		1201,2	106,7	250,1	265,2
GRAND TOTAL 18 Sampel Kubus			3803,6	308,2	788,2	795,6

Note :
- GKD = Geopolimer Kapur Dolomit
- Benda Uji Kubus 5 x 5 x 5 cm

Kode Variabel	Kode Sampel	Perbandingan Prekursor : Aktivator	Semen Geopolimer			Pasta Geopolimer
			Fly Ash (gram)	NaOH (gram)	Kapur Tohor (KT) (gram)	Air (gram)
V4	GKT-2.7	77,0% : 23,0%	200,2	16,2	43,6	44,2
	Total 6 Sampel Kubus		1201,2	97,0	261,8	265,2
V5	GKT-2.5	77,0% : 23,0%	200,2	17,1	42,7	44,2
	Total 6 Sampel Kubus		1201,2	102,5	256,3	265,2
V6	GKT-2.3	77,0% : 23,0%	200,2	18,1	41,7	44,2
	Total 6 Sampel Kubus		1201,2	106,7	250,1	265,2
GRAND TOTAL 18 Sampel Kubus			3803,6	308,2	788,2	795,6

Note :
- GKT = Geopolimer Kapur Tohor
- Benda Uji Kubus 5 x 5 x 5 cm

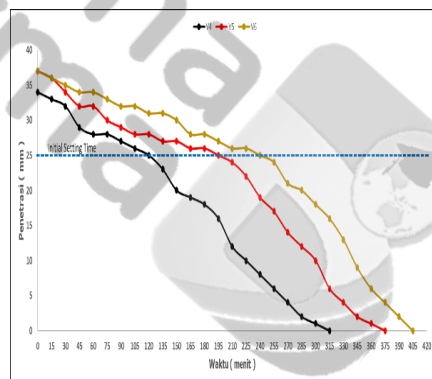
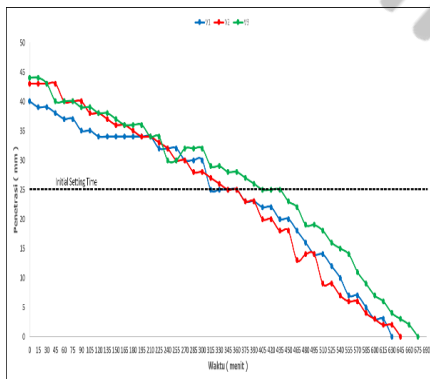
4.2. Hasil Penelitian

4.2.1. Hasil Pengujian Waktu Ikat Pasta Semen Geopolimer (Setting Time)

Tabel 4.2 : Rekap Waktu Ikat Variabel V1, V2, V3, V4, V5, V6

No	Kode Variabel	Kode Sampel	Initial Setting Time		Final Setting Time	
			(Menit)	Total Waktu	(Menit)	Total Waktu
1.	V1	GKD-2,7	315	5 Jam 15 Menit	630	10 Jam 30 Menit
2.	V2	GKD-2,5	345	5 Jam 45 Menit	645	10 Jam 45 Menit
3.	V3	GKD-2,3	405	6 Jam 45 Menit	675	11 Jam 15 Menit

No	Kode Variabel	Kode Sampel	Initial Setting Time		Final Setting Time	
			(Menit)	Total Waktu	(Menit)	Total Waktu
1.	V4	GKT-2,7	120	2 Jam 0 Menit	315	5 Jam 15 Menit
2.	V5	GKT-2,5	195	3 Jam 15 Menit	375	6 Jam 15 Menit
3.	V6	GKT-2,3	240	4 Jam 0 Menit	405	6 Jam 45 Menit



Gambar 4.1 : Grafik Waktu Ikat Variabel V1, V2, V3, V4, V5, V6

Dari hasil pengujian waktu ikat didapat final setting time V1 : 10 jam 30 menit, V2 : 10 jam 45 menit, V3 : 11 jam 15 menit, V4 : 5 jam 15 menit, V5 : 6 jam 15 menit dan V6 : 6 jam 45 menit.

Dapat disimpulkan bahwa, kontribusi pemberian kapur tohor pada semen geopolimer memiliki waktu ikat yang lebih baik bila dibandingkan dengan waktu ikat kapur dolomit pada semen geopolimer.

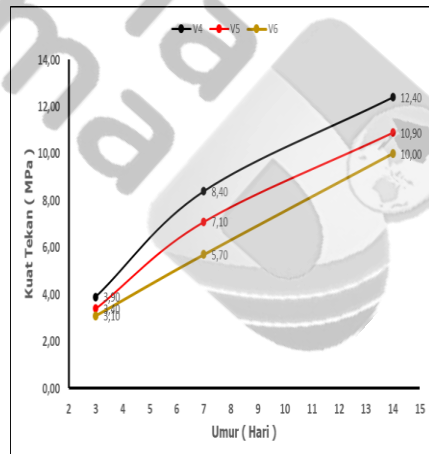
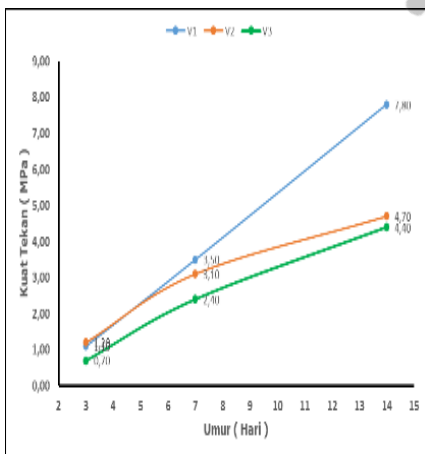
4.3.2 Hasil Pengujian Kuat Tekan Pasta Semen Geopolimer

Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur 3, 7, 14 hari, berikut adalah hasil pengujian dari pasta semen geopolimer :

Tabel 4.3 : Rekap Kuat Tekan Variabel V1, V2, V3, V4, V5, V6

No	Kode Variabel	Kode Sampel	Kuat Tekan Rata-Rata (Mpa)		
			3 Hari	7 Hari	14 Hari
1.	V1	GKD-2,7	1,10	3,50	7,80
2.	V2	GKD-2,5	1,20	3,10	4,70
3.	V3	GKD-2,3	0,70	2,40	4,40

No	Kode Variabel	Kode Sampel	Kuat Tekan Rata-Rata (Mpa)		
			3 Hari	7 Hari	14 Hari
1.	V4	GKT-2,7	3,90	8,40	12,40
2.	V5	GKT-2,5	3,40	7,10	10,90
3.	V6	GKT-2,3	3,10	5,70	10,00



Gambar 4.2 : Rekap Kuat Tekan Variabel V1, V2, V3, V4, V5, V6

Dari hasil pengujian kuat tekan pada umur 14 hari ialah V1 : 7,80 MPa, V2 : 4,70 MPa, V3 : 4,40 MPa, V4 : 12,40 MPa, V5 : 10,90 MPa, dan V6 : 10,00 MPa.

Dapat disimpulkan bahwa, kontribusi pemberian kapur tohor pada semen geopolimer memiliki hasil kuat tekan yang lebih baik bila dibandingkan dengan hasil kuat tekan kapur dolomit pada semen geopolimer.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

1. Untuk pengujian waktu ikat variabel V4 dengan waktu 120 menit lebih cepat dibandingkan dengan variabel V1 dengan waktu 315 menit.
2. Variabel yang memiliki kandungan kapur lebih banyak baik itu untuk jenis kapur tohor, V4 (1 : 2,7) maupun jenis kapur dolomit, V1 (1 : 2,7) bahwa semakin banyak kandungan kapur maka semakin cepat waktu ikat nya.
3. Untuk pengujian kuat tekan variabel yang memiliki nilai kuat tekan paling tinggi pada umur 14 hari ialah V4 untuk jenis kapur tohor dengan nilai 12,40 MPa dan V1 untuk jenis kapur dolomit dengan nilai 7,80 MPa.
4. Variabel yang memiliki kuat tekan paling tinggi ialah variabel yang memiliki kandungan kapur lebih banyak. Hal ini menyimpulkan bahwa untuk masing-masing jenis kapur semakin banyak kandungan kapur nya di dalam aktivator dengan rasio NaOH : Kapur sebesar 1 : 2,7 maka semakin tinggi pula kuat tekan nya.
5. Jenis kapur tohor merupakan jenis kapur yang paling ideal dalam kontribusi pemberian kapur pada semen geopolimer baik dari pengujian kuat tekan maupun pengujian waktu ikat nya bila dibandingkan dengan jenis kapur dolomit sesuai dengan data-data dari hasil pengujian yang telah dilakukan dalam penelitian ini.

5.2 Saran

1. Penelitian selanjutnya bisa menggunakan perbandingan lain antara prekursor (fly ash) : aktivator (NaOH + Kapur) dan memperbanyak variasi rasio campuran aktivator (NaOH + Kapur).
2. Pada saat proses pencampuran bahan pembentuk pasta semen geopolimer agar diperhatikan dalam pencampuran air. Pencampuran air harus dilakukan bertahap, jika air langsung dicampur atau tidak dilakukan secara bertahap, maka adukan pasta semen geopolimer yang dihasilkan tidak akan sempurna.
3. Pada saat proses pembuatan pasta semen geopolimer sebaiknya menggunakan masker, sarung tangan dan peralatan safety lainnya sebab ada zat kimia yang berbahaya apabila terkena kulit secara langsung akan mengakibatkan melepuh dan iritasi.
4. Perlu dilakukan penambahan Zat aditif pada pembuatan pasta semen geopolimer untuk mengurangi lamanya waktu pengeringan (hidrasi) dan mempercepat pencapaian kekuatan beton.

DAFTAR PUSTAKA

Flower and Sanjayan, Green House Gas Emissions due to Concrete Manufacture, July 2007 The International Journal of Life Cycle Assessment 12(5):282-288.

Humphreys and Mahasen, The Cement Industry and Global Climate Change Current and Potential Future Cement Industry CO₂ Emissions January 2003.

SUFRIADY 2010, Pemanfaatan limbah debu terbang batubara (fly ash), kulit kerang, dan batu apung (pumice) sebagai bahan substitusi semen dan pasir dalam pembuatan batako. Master, Universitas Sumatera Utara.

Abdullah, M. M., Razak, R. A., Yahya, Z., Hussin, K., Ming, L. Y., Young, H. C. et al. (2013). Asas Geopolimer (Teori & Amali) (1st ed.). Perlis: Unit Penerbitan Universiti Malaysia Perlis.

Susanto, T. E. (2016, 12). Semen Geopolimer [PT. Semen Indonesia (persero), Tbk].

Abdul Karim Yasin, 2017, Rekayasa Beton Geopolimer Berbasis Fly Ash, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Muhammad Amin dan Suharto 2017, Balai Penelitian Mineral Lampung-LIPI, PEMBUATAN SEMEN GEOPOLIMER RAMAH LINGKUNGAN BERBAHAN BAKU MINERAL BASAL GUNA MENUJU LAMPUNG SEJAHTERA.

Jurnal Sipil Statik Vol.7 No.7 Juli 2019 (749-756) ISSN: 2337-6732 749 OPTIMALISASI KUAT TEKAN BETON GEOPOLYMER DENGAN MENAMBAHKAN SEMEN ATAU KAPUR PADA PERAWATAN TEMPERATUR RUANGAN Renata Natanael Luntungan Marthin D. J. Sumajouw, Ronny E. Pandaleke Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado.

Fiki Riki Tambingon, Marthin D. J. Sumajouw, Steenie E. Wallah, 2017, Kuat Tekan Beton Geopolymer Dengan Perawatan Temperatur Ruang, FT. Universitas Sam Ratulangi Manado.

Hardjito, D. (2005). Studies on Fly Ash-Based Geopolymer Concrete. Perth: Curtin's Institutional Research Repository.

Davidovits, J. (2008), Geopolymer Chemistry and Applications, 2nd edition, Geopolymer Institut, France.

Davidovits, Joseph (2011), “Geopolymer Chemistry and Application 3rd edition”, France : Institut Geopolymer.

Davidovits, J. (1998), Geopolymer Chemistry and Properties, 1st European Conference on Soft Mineralurgy, Comiegne, France. Pp. 25-48. Fernandez-Jimenez, A., Palomo, J.G. & Puertas, F. 1999. Alkal.

Hardjito, D. And Rangan, B.V., 2005, “Development and Properties of Low-Calcium Abu terbang Based Geopolymer Concrete, Research Report GC1, Faculty of Engineering, Curtin University of technology, Perth, Australia, accessed 24 Januari 2011, [http : //www.google.com /geopolymer](http://www.google.com/geopolymer).

Anuradha, R., V., S., R., V., & B.V., R. (2011). Modified Guidelines for Geopolymer Concrete Mix Design Using Indian Standard. Coimbatore; Perth.

Arrahmatur Riziq. 2018. Optimalisasi Waktu ikat kuat tekan beton geopolimer dengan menggunakan metode pencampuran kering; fakultas vokasi institute teknologi sepuluh November surabaya. Elita. 2010. Studi literature komposisi.

WAKTU IKAT MORTAR “ SEMEN “ GEOPOLYMER BERBASIS FLY ASH DAN KAPUR Firdaus1, handoko barata yuda 2 1Program Studi Teknik Sipil Universitas Bina Darma Palembang, April 2019.

Teguh Utomo, ANALISA KUAT TEKAN BETON GEOPOLIMER DENGAN BAHAN ALTERNATIF ABU SEKAM PADI DAN KAPUR PADAM, PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PURWOREJO.