Jurnal TEKNO

(Civil Engineeering, Elektrical Engineeering and Industrial Engineeering)

Vol. 16, No : 1, April 2019 , p-ISSN:1907-5243, e-ISSN: 2655-8416

WAKTU IKAT MORTAR " SEMEN " GEOPOLYMER BERBASIS FLY ASH DAN KAPUR

Firdaus[1], handoko barata yuda [2]

[1]Program Studi Teknik Sipil Universitas Bina Darma Palembang

[2]Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Bina Darma PalembangJl. Jendral Ahmad Yani No. 3, Kota Palembang, Sumatera Selatan 30111
Email:Firdaus.dr@binadarma.ac.id, handoko.bratayuda@gmail.com

ABSTRAK

Beton membutuhkan bahan pengikat berupa semen, namun konsumsi semen dan persediaan semen di Indonesia tidak seimbang. Dibuktikan pada hasil survey Indonesia cement Association,pada bulan mei tahun 2016 total konsumsi semen di Indonesia 5.286.606 ton, hingga pada mei 2017total konsumsi di Indonesia meningkat 0,081% mencapai angka 5.711. 794 ton. Penelitian ini bertujuan untuk Menganalisi pengaruh penambahan kapur pada campuran mortar berbasis fly ash. Dari penelitian ini di dapatkanlah pengarauh penambahan kapur sangat berpengaruh dengan nilai kuat tekan pada umur 28 hari, pada penambahan kapur dengan persentase,10%,15%,20% dan 25%%,30% di setiap persentase pada umur benda uji 28 hari. Nilai kuat tekan tertinggi pada penambahan kapur didapatkan pada persentase 10% pada umur 28 hari dengan nilai kuat tekan 25.7 Mpa, dan di Persentase penggunaan kapur yang terendah kuat tekan dapat di persentase 30% dengan kuat tekan 22.1

Kata Kunci : fly ash dan kapur, Mortar beton

ABSTRACT

Concrete requires a binder in the form of cement, but cement consumption and cement supply in Indonesia are not balanced. As evidenced by the survey results of the Indonesia Cement Association, in May 2016 the total cement consumption in Indonesia was 5,286,606 tons, until in May 2017 the total consumption in Indonesia increased by 0.081% to reach 5,711. 794 tons. This study aims to analyze the effect of adding lime to a fly ash-based mortar mixture. From this study, it was found that the influence of the addition of lime was very influential with the value of compressive strength at the age of 28 days, on the addition of lime with a percentage, 10%, 15%, 20% and 25%%, 30% in each percentage at the age of the specimen 28 days. The highest compressive strength value in the addition of lime was obtained at a percentage of 10% at the age of 28 days with a compressive strength value of 25.7 Mpa, and in the percentage of lime use the lowest compressive strength could be in the percentage of 30% with a compressive strength of 22.1

Keywords: fly ash and lime, Concrete mortar

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi dalam bidang konstruksidi Indonesia terus meningkat, hal ini hal ini tidak lepas dari tuntutan dab kebutuhan masyarakatterhadap fasilitas insfaktuktur yang semakin maju. Beton merupakan salah satu pilihan sebagai bahan struktur dalam kontruksi bangunan. Beton diminatin karena banyak memliliki kelebihan dibidang dengan bahan lain, antara harganya yang relatif murah, kuat, bahan penyusun mudah didpatkan dan tidak mengalamin pembusukan. Berbagai penelitian dan percobaan dibidang beton dilakukan sebagai upaya untuk meningkatkan kualitas beton.

Beton membutuhkan bahan pengikat berupa semen, namun konsumsi semen dan persediaan semen di Indonesia tidak seimbang. Dibuktikan pada hasil survey Indonesia cement Association,pada bulan mei tahun 2016 total konsumsi semen di Indonesia 5.286.606 ton, hingga pada mei 2017total konsumsi di Indonesia meningkat 0,081% mencapai angka 5.711. 794 ton.

Ordinary Portlan cement (OPC) biasanya digunakan sebagai pengikat untuk memproduksi beton, bahan banguana yang paling banyak dimanfatkan di dunia industry semen adalah salah satu sumber terbesar dari emisi karbon dioksida (CO2), CO2yang dihasilkan oleh semen sekitar 5-7 % dari total karbon global dioksida. Oleh karena itu, idustri semen global menghadapin kebutuhan mendesak untuk teknologi alternative yang dapat mengurangin karbon dampak produksi semen. Hal ini mendorong penelitian menjadi alternaf yang ramah lingkungan seperti beton geopolimer. Beton geopolimer menghasilkan CO2 sekitar 9% lebih rendah dibandingkan dengan menggunakan 100% semen.

Seiring dengan perkembangan dunia teknologi beton saat ini, para penelitian serta pelaksanaan teknis mengarah pada penggunaan beton geopolimer dimana memanfaatkan bahan sisa untuk menggantikan fungsi semen sebagai bahan pengikat. Geopolimer adalah bahan anorganik yang kaya akan silicon (Si) dan aluminium (AI) yang bereaksi dengan alkali menjadi material bersifat cementious yang dapat mereduksi penggunaan semen Portland yang fungsinya sama seperti semen sebagai bahan pengikat atau binder (Turner, Louise K.2013)

Beton geopolimer pertama kali dikembangkan oleh joseph Davidovits tahan 1970. Dimana Davidovits menemukan bahwa beton yang digunakan dalam struktur kuno mengandung alkali dengan alumino silikat sebagai pengikatnya dan menamakannya beton geopolimer (Singh,dkk,2013) beton geopolimer berasal dari geopolimerisasi yaitu geosintesis alumino silikat polimerik dan

alkali- silikat menjadi kerangka polimer SiO4 dan AlO4 yang terikat secara tetrahendral

Di lain sisi, penggunaan Fly Ash Type c yang merukan high-calcium Fly Ash dengan kadar CaO lebih besar dari 10% sangat jarang digunakan dalam campuran geopolimer pembuatan beton. Sehingga terjadi ketimpangan pemanfaatan antara Fly Ash Type C dan Fly Ash berlangsung cepat dikarenakan reaksi hidroliknya meningkat seiring dengan meningkatkan kadar kalsium dan lebih sulit diprediksi karena itu membutuhkan admixture tertentu.

Namun disissi lain terdapat juga penelitian tentang bahan pengikat non semen porlant , yaitu teknologi bahan pengikat menggunakan activator alkali . dimana activator alkali ini mampu bereaksi dengan material yang mengandung Si dan Al tinggi melalui proses pelimerisasi atau saat ini disebut geopolimer . istilah dan penelitian geopolimer diciptakan oleh ilmuan asal perancis yaitu Prof. joseph Davidovits pada tahun 1979, hingga akhirnya beliau mendirikan intitusi Geopolymere yang bermarkas di francis yang berdiri hingga saat ini

Oleh karena itu, penelitian " Optimalisasi waktu ikat dan kuat tekan beton geopolimer dengan menggunakan metode pencampuran kering " ini diharapkan dapat menjadi salah satu solusi untuk menutupin kelemahan penelitian sebelumnya " rekayasa beton geopolimer berbasis Fly Ash agar dapat lebih mudah diaplikasikan oleh masyarakat luas.

1.1 Tujuan

Berikut merupakan tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini antara nya :

1. Menganalisi pengaruh penambahan kapur pada campuran mortar berbasis fly ash.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Pengertian Beton geopolymer

Beton geopolimer adalah beton yang menggunakan fly ash sebagai bahan pengganti sebagian semen. Sehingga karateristik beton geopolimer (setting time dan kuat tekan) sangat dipengaruhin oleh karateristik fly ash (fisik , nilai ph ,dan kandungan kimia) geopolimer merupakan bahan atau material yang berupa anargonik yang disintesa melalu proses polimerisasi. Geopolimer adalah bentuk anargonik alumina – silica yang disentesa dari material yang banyak mengandung silica (SI) dan alumina (AI) yang berasal dari alam atau dari material hasil sampingan industry.

Proses polimerisasi ialah suatu reaksi kimia antara aluminosilika oksida (Si2O5, AI2O2) dan alkali polysialate. Proses polimerisasi menghasilkan suatu rantai dengan bentuk tiga struktur

dimensional dimana masing masing terdiri dari bentuk ikatan ikatan polymeric Si-O-Al-O (polysialate). Ikatan ikatan ini dibagi dalam 3 jenis yaitu polysialate (Si-O-Ai-O), Polysialate-siloxo (Si-O-Al-O-Si-O) dan polysialate- Disiloxo (Si-O-AI-O-Si-O-Si-O)

2.2 Material penyusun

1) Fly ash

Material fly ash dikatagorikan dalam material "pozzolon" yakni material siliceous atau aluminous yang didalam nya terdapat sedikit sekali dan tidak sama sekali material cementious bagaimana yang dimiliki semen porland.

2) Sodium Hidroksida (NaOH)

NaOH merupaka salah satu jenis alkali hidroksida yang digunkan dalam suatu bahan pengikat geopolimer . selain itu NaOH terdapat kalsium hidroksida
(KOH). Namun NaOH lebih banyak di pakai karena lebih murah harga nya .

3) Kapur

Batu gamping atau batu kapur merupakan material konstruksi tradisional yaitu perekat hidraulik utama yang digunakan pada mortar sebelum dikembangkannya Semen Portland (SP). Istilah hidraulik yaitu bahwa bahan ini akan mengeras di dalam air akibat hidrasi kimia antara kalsium hidroksida dengan alimuna yang menghasilkan senyawasenyawa pembentuk kekuatan benda ini.

3. Pengujian

3.1 Waktu Ikat (Setting Time)

Pengujian waktu ikat ini dilakukan bertujuan untuk mengetahuin pengikatan awal dan akhir bahan pengikat dan dapat juga digunakan untuk bahan pengikat (pasta). Standar proses pengujian waktu ikat (setting time) mengacu pada ASTM CI9I. waktu ikat awal ialah waktu ikat yang diperlukan oleh pasta swmwn untuk mengubah sifatnya dari kondisi cair menjadi padat, biasanya ditandai dengan adanya penurunan penetrasi jarum vicat sedalam 25 mm. dan sedangkan waktu ikat akhir ialah waktu dimana penetrasi jarum vicat tidak terlihat secara visual atau becaan jarum masih menunjukkan tetap di angka 50 mm.

4. Hasil penelitian relevan

(ARRAHMATUR RIZQI)(2018)
Membuat dan menghaluskan semen geopolimer dilakukan menggunakan alat los angeles berisi bola bajadengan diameter 4.68 cm (1 27/32 inci)dan berat masing masing antara 390 gram sampai dengan 455 gram dan jumlah bola bajasebanyak 12 biji, kemudian diputar

sebanyak 500x putaran atau selama 18menit 48 detik.

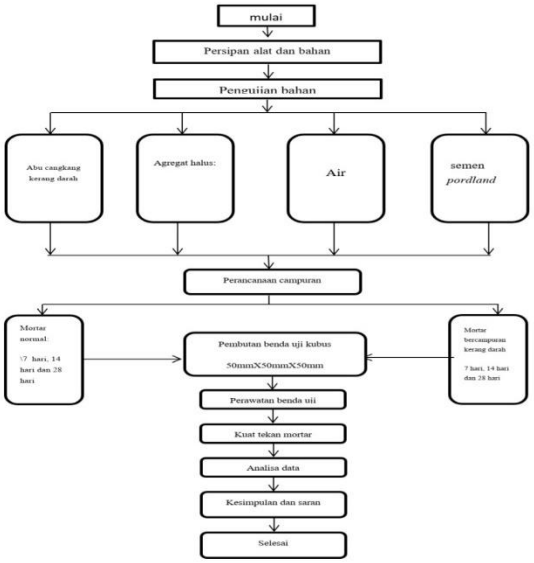
ROY ANDRE DANIEL SILALAHI.) (2021) Hasil waktu pengikatan binder paling lama terjadi pada GF55S16 dengan waktu ikat awal 36 menit dan waktu ikat akhir 93 menit. Sedangkan hasil waktu pengikatan binder paling cepat terjadi pada GF10S8 dengan waktu ikat awal 5 menit dan waktu ikat akhir 20 menit.

(ABDUL KARIM YASIN.)(2017) Dari hasil pengujian karakteristik material didapatkan kesimpulan bahwa: Fly Ash yang digunakan ialah Tipe C (High Calcium) dan memiliki diameter rata-rata partikel 18,072 µm. Untuk material pengisi didaptkan kadar air agregat kasar dan agregat halus, masing-masing 1,155 dan 0,88%; serta penyerapan air agregat sebesar 0,44% dan 0,14%; kemudian, zona gradasi masing-masing yaitu zona maks 10mm dan zona 2.

3. Metodologi Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan di laboratorium Teknik Sipil Universitas Bina Darma Palembang. Metode penelitian ini yang digunakan adalah eksperimen dengan penelitian yang bertujuan mengetahui kuat tekan mortar geopolimer berbasis fly ash yang lolos saringan 200. Eksperimen yang dilakukan adalah mengganti bahan dasar semen pada mortar dikonverksional dengan bahan abu terbang (fly ash). Dalam pembuatan mortar biasanya bahan pengikat diantaranya semen, agregat, dan berupa air, dalam penelitian ini akan diganti dengan larutan NaOH, Fly Ash, Activator dan Kapur sebagai bahan pengikat campuran mortar menggunakan abu terbang (fly ash) .

3.1diagram alur dan penelitian



Tabel 3.1: Diagram Alur Penelitian
Sumber : Dokumen Pribadi Penelitian 2022

3.2 Perawatan benda uji

perawatan benda uji mortar tebagi menjadi dua yaitu perawatan/curing dengan menggunakan oven dan perawatan/curing udara atau suhu ruangan . dalam penelitian ini perawatan benda uji dengan suhu ruangan yaitu mortar disimpan diruang penyimpanan benda uji pada suhu ruangan yang

sebelumnya didiamkan dicetakan selama 24 jam perawatan mortar pada penelitian imi yaitu dilakukan selama 28 hari untuk pengujian kuat tekan mortar

3.3 **Pengujian Kuat Tekan Benda Uji Mortar (SNI 03-6825-2002)**

Pengujian kuat tekan mortar dilakukan saat benda uji berumur 28 hari dengan pengujian menggunakan mesin kuat tekan mortar yang mengacu pada standar SNI. Rumus yang digunakan untuk mendapatkan kuat tekan mortar

Adalah :

Kuat tekan = Pmaks …… (3.2)
A

Keterangan ;

Kuat tekan = kuat tekan mortar kg/cm2

Pmaks = gaya tekan maksimum kg

A = luas penampang, cm 2 (b x d)

Pengujian dilakukan pada masing masing komposisi pencampuran dengan setiap campuran memliki 3 benda uji. Hasil pengujian kuat tekan mortar dari tiga benda uji tersebut dicatat dan dirata ratakan . adapun untuk pengujian kuat tekan mortar yaitu .

tempatkan benda uji di mesin kuat tekan

jalankan mesin kuat tekan

catat beban maksimum pada saat benda uji hancur

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Pelaksanaan penelitian

Penelitian ini di laksanakan di laboratarium teknik sipil Universitas bina darma kampus c . objek yang dilakukan dalam penelitian ini adalah setting time mortar dan kuat tekan mortar geopolimer berbasis fly ash.pengujian dilakukan antara lain agregat halus meliputi percobaan analisa saringan, Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus dan hasil pengujian berat jenis. Setelah pengujian agregat halus barulah didapat persentase agregat halus, fly ash,air,activator kering dan air yang akan digunakan untuk pembuatan benda uji berbentuk mortar 5 x 5 x 5 cm, sesuai dengan ketentuan SNI, barulah setelah itu bisa dilakukan pengujian kuat tekan beton sesuai umur yang direncanakan

1. Analisa Saringan Agregat

Tujuan dari penelitian analisa saringan agregat adalah untuk menentukan gradasi butiran dari agregat kasar dan agregat halus.

2. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat

Tujuan dari penelitian analisa saringan agregat ini adalah untuk mengetahui berat jenis dan presentase air yang dapat diserap oleh agregat kasar dan agregat halus dihitung terhadap berat keringnya.

3. Bobot Isi Gembur Agregat

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perbandingan antara massa dan volume gembur dari agregat,

penentuan bobot isi ini berguna dalam membuat perbandingan dalam campuran beton sesuai dengan mutu dan sifat konstruksi.

4. Bobot Isi Padat Agregat

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perbandingan antara massa dan volume padat dari agregat, penentuan bobot isi ini berguna dalam membuat perbandingan dalam campuran beton sesuai dengan mutu.

5. Kadar Air Agregat

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai presentase dari kadar air yang dikandung oleh agregat.

6. Kadar Lumpur Agregat

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai presentase dari kadar lumpur yang dikandung oleh agregat.

7. Kekerasan Agregat Kasar

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai presentase kekerasan dari agregat kasar.

8. Berat Jenis Semen

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai berat jenis semen.

9. Konsistensi Semen

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan banyaknya air yang dipakai untuk campuran semen dalam keadaan konsistensi normal.

10. Waktu Pengikatan Semen

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan banyaknya air yang dipakai untuk campuran semen dalam keadaan konsistensi normal.

4.2 Rencana Campuran Mortar

Table 4.4 komposisi campuran mortar

Metode rancangan campuran (mix design) mortar yang digunakan pada penelitian ini adalah SNI 03-2834-2000 . komposisi campuran mortar tiap benda uji

4.3 Hasil pengujian Setting Time

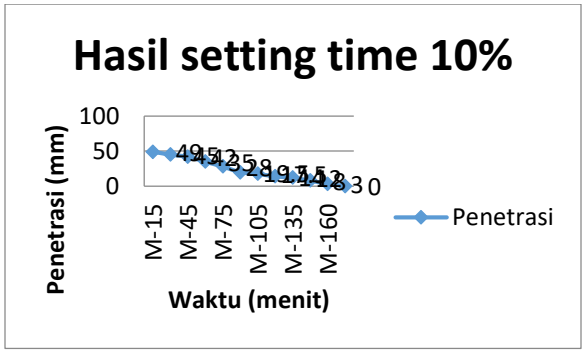
Setting time dilakukan pada semua benda uji mix design, pengujian ini dilakukan untuk mengetahuin pengaruh kapur dengan variasi persentase 10% 15% 20% 25% 30% terhadap setting time mortar. Waktu pengikatan awal (initial sett) tidsk boleh kurang dari 45 menit dan waktu ikat akhir (final sett) tidak boleh lebih dari 375 menit, menurut standar ASTM C -191.

Pengujian ini diambil dari pembacaan jatuhnya persentase pada vicat apparatus data pengujian setting time

1. Setting Time Persentase 10%

No	Variasi kapur	Jumlah	Fly Ash	Aktivator Kering	Air	Pasir
1	10%	3	337,5	69.522	130,65	413.1
2	15%	3	318,75	69.522	130,65	413.1
3	20%	3	300	69.522	130,65	413.1
4	25%	3	281,25	69,522	130,65	413.1
5	30%	3	262,5	69,522	130,65	413.1

No	pesentase	aktu (men	(mm)
1	10%	15	49
2		30	45
3		45	42
4		60	35
5		75	28
6		90	19,5
7		105	17,5
8		**120**	**14**
9		135	12
10		150	8
11		165	3
12		180	0
Initial sett			120
			2 Jam
Final sett			180
			3 Jam
Total			400
			5 Jam

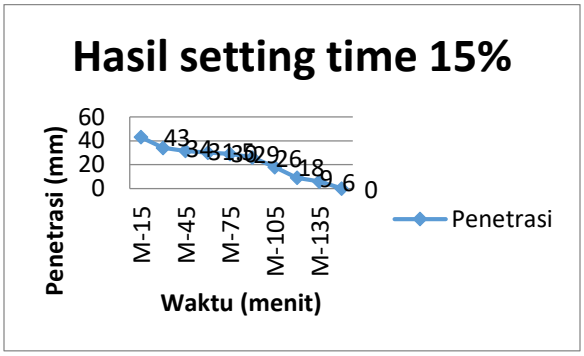


Grafik 4.2 grafik penetrasi setting time persentase 10%

Dari hasil pengujian setting time mortar geopolimer dengan persentase 10% didapatkan awal pengikatan awal (initial sett) pada menit ke 120 atau dalam waktu 2 jam , dan mencapai waktu pengikatan akhir (final sett) pada menit ke 180 atau dalam waktu 3 jam

2. Setting Time Persentase 15%

No	pesentase	aktu (men	(mm)
1	15%	15	43
2		30	34
3		45	31,5
4		60	30
5		75	29
6		90	26
7		**105**	**18**
8		120	9
9		135	6
10		150	0
Initial sett			105
			am 45 men
Final sett			150
			am 30 men
Total			255
			am 15 men

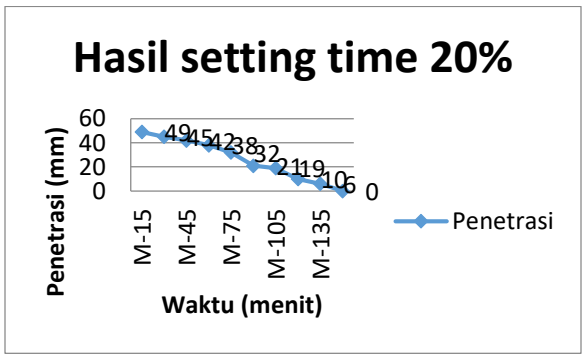


Grafik 4.3 grafik Penetrasi Setting Time Persentase 15%

Dari hasil pengujian setting time mortar geopolimer dengan persentase 15% didapatkan awal pengikatan awal (initial sett) pada menit ke 105 atau dalam waktu 1 jam 45 menit , dan mencapai waktu pengikatan akhir (final sett) pada menit ke 150 atau dalam waktu 2 jam 30 menit .

3. **Setting Time Persentase 20%**

No	pesentase	aktu (men	(mm)
1	20%	15	49
2		30	45
3		45	42
4		60	38
5		75	32
6		90	21
7		**105**	**19**
8		120	10
9		135	6
10		150	0
Initial sett			105
			1jam 45 m
Final sett			150
			2jam 30 m
Total			255
			4 jam 15 m

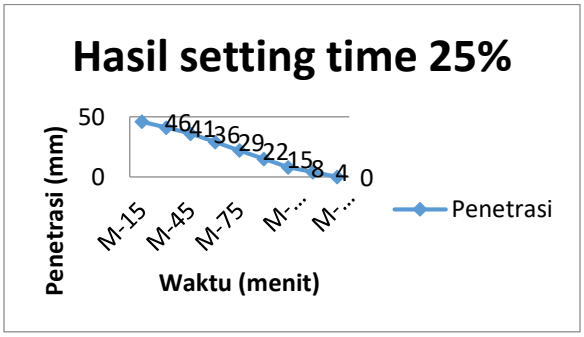


Grafik 4.4 Penetrasi Setting Time Persentase 20%

Dari hasil pengujian setting time mortar geopolimer dengan persentase 20% didapatkan awal pengikatan awal (initial sett) pada menit ke 105 atau dalam waktu 1 jam 45 menit , dan mencapai waktu pengikatan akhir (final sett) pada menit ke 150 atau dalam waktu 2 jam 30 menit .

4. **Setting Time Persentase 25%**

No	pesentase	aktu (men	(mm)
1	25%	15	46
2		30	41
3		45	36
4		60	29
5		75	22
6		**90**	**15**
7		105	8
8		120	4
9		135	0
Initial sett			90
			1 jam 30 m
Final sett			135
			2jam 15 m
Total			225
			3 jam 45 m



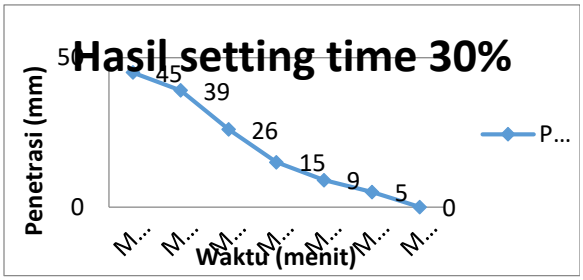
Grafik 4.5 Grafik Penetrasi Setting Time Persentase 25%

Dari hasil pengujian setting time mortar geopolimer dengan persentase 25% didapatkan awal pengikatan awal (initial

sett) pada menit ke 90 atau dalam waktu 1 jam 30 menit , dan mencapai waktu pengikatan akhir (final sett) pada menit ke 135 atau dalam waktu 2 jam 15 menit

5. Setting Time Persentase 30%

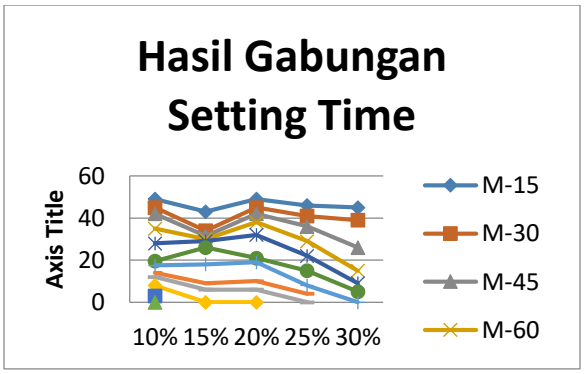
No	pesentase	aktu (men	(mm)
1	30%	15	45
2		30	39
3		45	26
4		**60**	**15**
5		75	9
6		90	5
7		**105**	**0**
Initial sett			60
			1 jam
Final sett			105
			1 jam 45 m
Total			165
			am 45 men



Grafik 4.6 grafik Penetrasi Setting Time Persentase 30%

Dari hasil pengujian setting time mortar geopolimer dengan persentase 30% didapatkan awal pengikatan awal (initial sett) pada menit ke 60 atau dalam waktu 1 jam , dan mencapai waktu pengikatan akhir (final sett) pada menit ke 105 atau dalam waktu 1 jam 45 menit.

6. Gabungan Grafik Setting Time



Grafik 4.7 Gabungan Grafik Setting Time

Dari penelitian ini tidak memakai setting time normal dari table diatas didapat nilai setting time terendah dengan persentase 10% Dan setting time tertinggi pada persentase 30%. Dari data tersebut maka dapat disimpulkan bahwa penambahan kapur sebagai subtitusi berpengaruh dengan variasi campuran tertentu.

5 PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada penilitian ini hasil dari pengarauh penambahan kapur sangat berpengaruh dengan nilai kuat tekan pada umur 28 hari, pada penambahan kapur dengan persentase,10%,15%,20% dan 25%%,30% di setiap persentase pada umur benda uji 28 hari. Nilai kuat tekan tertinggi pada penambahan kapur didapatkan pada persentase 10% pada umur 28 hari dengan nilai kuat tekan 25.7 Mpa, dan di Persentase penggunaan kapur yang terendah kuat tekan dapat di persentase 30% dengan kuat tekan 22.1
2. Persentase penggunaan kapur yang optimal adalah 10% terhadap berat penggunaan fly ash pada mortar geopolimer, untuk persentase 110% nilai kuat tekan yang dihasilkan lebih tinggi dari persentase 10%,15%,20%25%30%
3. Setting time penambahan kapur pada fly ash dengan persentase 10%,15%20%,dan 25% 30%memenuhi persyaratan setting time (SNI 15-2049-2004). Semakin banyak persentase kapur yang di tambahkan maka semakin cepat pula mencapai waktu pengikatan awal (initial sett) dan waktu pengikatan akhir (final sett).

   Untuk setting time tercepat terjadi pada persentase 30% dengan total setting time 105 menit dengan penetrasi 11 mm atau dalam waktu (waktu 1 jam 45 menit

5.2 Saran

Berdasarkan hasil kesimpulan diatas, maka didapat beberapa saran sebagai berikut :

1. 1. dalam membuat benda uji. Teutama pada saat proses mix design jangan terlalu lama ataupun terlalu cepat agar benda uji mendapatkan kualitas yang baik, karena pencampuran yang terlalu lama akan menyebabkan mortar geopolimer menjadi lebih cepat kering sehingga sulit untuk dicetak. Dan dan penambahan air harus dilakukan bertahap, jika air langsung ditambahkan atau tidak bertahap, maka adukan mortar yang dihasilkan tidak sempurna.
2. Pada saat proses pembuatan mortar geopolimer atau mix design

sebaiknya menggunakan masker,sarung tangan, dan safety lainnya sebab ada zat kimia yang berbahaya.

Harus diperhatikan dan sangat hati-hati dalam proses pembuatan aktivator kering karena mengandung bahan kimia berbahaya apabila terkena kulit secara lansung akan mengakibatkan melepuh dan iritasi

Daftar pustaka

Abdul karim yasin. 2017. *Rekayasa beton geopolimer fly ash*: fakultas institute teknologi sepuluh nopember Surabaya .

Alya adani putri.2021. *pengaruh kuat tekan dan setting time beton geopolimer menggunakan fly ash tipe c dengan penggunaan NaOH dan KOH sebagai alkali activator* : UniversitasTrisakti

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 dan karateristik mortar geopolimer berbahan dasar fly ash* .TugasAkhir, Depok: FakultasTeknikprogram Studi Teknik Sipil Depok).

Roy Andre Daniel silalahi.2019.Analisa kuat tekan mortar geopolimer berbasis fly ash dan ggbfs sebagai patch repair material.