

PENGARUH SUBSTITUSI ABU CANGKANG TELUR PADA MORTAR GEOPOLIMER

RIZKI KHOIRIAH TUNNISA¹, FIRDAUS²

Teknik Sipil, Fakultas Sains Teknologi, Universitas Bina Darma¹²

Email: khoiriahrizki437@gmail.com¹, firdaus.dr@binadarma.ac.id²

Abstract: *The aim of this research was to determine the effect of eggshell ash substitution in geopolymer mortar on the setting time and compressive strength of geopolymer mortar with variations in the eggshell ash mixture of 0%, 5%, 10% and 15% at ages 7, 14 and 28. day. This research includes testing the compressive strength of geopolymer mortar and setting time. The setting time test was carried out using a vicat tool with ASTM C 191-08 standard, the test was carried out according to the planned mixture variations. And the compressive strength test was carried out after the geopolymer mortar reached 7, 14 and 28 days with the test object size being 5mm x 5mm x 5mm. Research data indicates that eggshell ash material has an influence on geopolymer mortar with certain mixture variations. The fastest setting time test was obtained with a variation of 15% with the initial setting time at 195 minutes and the final setting time at 225 minutes. In the compressive strength test results of 5% variation of geopolymer mortar, the highest compressive strength values were obtained, reaching 7.73 Mpa after 7 days, 10.67 Mpa after 14 days, and 16.4 Mpa after 28 days.*

Keywords: *Geopolymer Mortar, Eggshell Ash, Setting Time, And Compressive Strength*

Abstrak: Penelitian kali ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui pengaruh substitusi abu cangkang telur pada mortar geopolimer terhadap *setting time* dan kuat tekan mortar geopolimer dengan variasi campuran abu cangkang telur sebanyak 0%, 5%, 10%, dan 15% pada umur 7, 14, dan 28 hari. Penelitian ini meliputi pengujian kuat tekan mortar geopolimer dan *setting time*. Pengetesan *setting time* dilakukan dengan alat vicat yang berstandar ASTM C 191-08, pengetesan dilakukan sesuai dengan variasi campuran yang direncanakan. Serta pengujian kuat tekan dilakukan setelah mortar geopolimer mencapai umur 7, 14, dan 28 hari dengan ukuran benda uji yaitu 5mm x 5mm x 5mm. Data penelitian mengindikasikan material abu cangkang telur memiliki pengaruh terhadap mortar geopolimer dengan variasi campuran tertentu. Pengujian *setting time* tercepat didapatkan pada variasi 15% dengan waktu pengikatan awal (initial sett) pada menit ke 195 menit dan waktu pengikatan akhir (final sett) pada menit ke 225 menit. Pada hasil pengujian kuat tekan mortar geopolimer variasi 5% didapatkan nilai kuat tekan tertinggi yaitu mencapai 7.73 Mpa setelah 7 hari, 10.67 Mpa setelah 14 hari, dan 16.4 Mpa setelah 28 hari.

Kata Kunci: Mortar Geopolimer, Abu Cangkang Telur, Setting Time, dan Kuat Tekan

A. Pendahuluan

Mortar geopolimer adalah mortar yang menggunakan bahan geopolimer sebagai bahan pengganti semen. Geopolimer pertama kali diperkenalkan oleh Davidovits pada tahun 1978. Geopolimer dapat didefinisikan sebagai material yang dihasilkan dari geosintesis aluminosilikat polimerik dan alkali silikat yang menghasilkan kerangka polimer SiO₄ dan AlO₄ yang terikat secara tetrahedral (Davidovits, 2008). Geopolimer terbentuk dari bahan baku yang banyak mengandung unsur silika (SiO₂) dan alumina (Al₂O₃).

Geopolimer dapat dikatakan ramah lingkungan karena menggunakan bahan-bahan yang berasal dari limbah industri dan proses pembuatannya tidak memerlukan energi yang banyak, tidak seperti semen yang pembuatannya memerlukan proses pembakaran hingga suhu 800°C.

Menurut Edy B., (2007), Abu batubara adalah bagian dari sisa pembakaran batubara yang berbentuk partikel halus amorf. Abu tersebut merupakan bahan anorganik yang terbentuk dari perubahan bahan mineral (mineral matter) karena dari proses pembakaran batubara pada unit pembangkit uap (boiler) akan terbentuk dua jenis abu yaitu abu terbang (fly ash) dan abu dasar (bottom ash) Komposisi yang dihasilkan terdiri dari 10-20% abu dasar (bottom ash),

sedangkan sisanya 80-90% berupa abu terbang (fly ash). Fly ash merupakan bahan pengganti semen pada pembuatan mortar geopolimer.

Telur merupakan salah satu bahan makanan yang sudah akrab dengan masyarakat Indonesia. Telur yang sudah diolah menjadi bahan makanan, cangkang atau kulit telurnya tentu sudah tidak terpakai lagi. Masyarakat umumnya membuang limbah cangkang kulit tersebut tanpa memanfaatkannya terlebih dahulu. Di Indonesia produksi cangkang telur akan terus berlimpah selama telur diproduksi di bidang peternakan serta digunakan di restoran, pabrik roti dan mie sebagai bahan baku pembuatan makanan. Menurut data Nasional, produksi telur ayam di Indonesia mencapai 4.688.120 ton. Cangkang telur kering mengandung sekitar 94% kalsium karbonat dengan berat 5,5 gram. Kalsium karbonat merupakan bahan penyusun utama cangkang telur sehingga membuat cangkang telur menjadi keras. Kalsium karbonat adalah bahan penyusun utama dalam pembuatan semen Portland yaitu sekitar 70% dari bahan penyusun lainnya.

Menurut Susanto (2014), bagian cangkang telur merupakan 11% dari bagian telur utuhnya. Cangkang telur tersusun dari kutikula, lapisan sponsi (bunga karang) lapisan mamalia dan membran cangkang. Cangkang telur terdiri dari silika (SiO) 32,57%, kapur (CaO) 30,33%, dan magnesium (MgO) 37,10%. Berdasarkan pengujian yang dilakukan di laboratorium fire Universitas Negeri Jakarta, abu cangkang telur memiliki kandungan Karbon Dioksida (CO₂) 36,04%, Silikon Dioksida (SiO₂) 0,60%, Sulfur Dioksida (SO₂) 0,45%, dan Kalsium Oksida (CaO) yang cukup tinggi yaitu sebesar 62,92% (Nugrahanto, 2016).

Penelitian mortar geopolimer ini dilakukan dengan menggunakan bahan dasar *geopolimer* kelas C dan abu cangkang telur. Penambahan zat activator berupa sodium Hidroksida dan sodium silikat.

Terkait dengan penjelasan diatas, Pada penelitian ini penulis ingin mengetahui pengaruh substitusi abu cangkang telur pada mortar geopolimer dengan variasi campuran abu cangkang telur yang lebih rendah serta peningkatan kuat tekan mortar pada setiap variasi campuran pada pembuatan mortar geopolimer. Maka dari itu penulis melakukan penelitian dengan judul "PENGARUH SUBSTITUSI ABU CANGKANG TELUR PADA MORTAR GEOPOLIMER". Diharapkan pada penelitian ini akan mendapatkan hasil yang baik, dari hasil Pencampuran benda uji geopolimer. Penelitian ini bertujuan untuk menemukan formula pada semen geopolimer dari pengaruh penambahan abu cangkang telur.

B. Metodologi Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen. Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium Teknik Sipil Kampus C Universitas Bina Darma Palembang. Penelitian ini dilakukan untuk melihat pengaruh penambahan variasi campuran abu cangkang telur terhadap mortar geopolimer serta peningkatan mortar geopolimer dengan umur mortar 7, 14 dan 28 hari.

C. Pembahasan dan Analisa

1. Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Halus

Berat Jenis SSD adalah perbandingan antara berat pasir dalam keadaan SSD. Keadaan SSD (saturated surface Dry) dimana permukaan pasir jenuh dengan Uap air, Sedangkan bagian dalamnya Kering. Keadaan Pasir kering dimana pori-pori pasir berisikan udara tanpa air sama dengan nol. Sedangkan keadaan semu adalah keadaan pasir basa total dengan pori-pori penuh air, Hasil pengujian harus memenuhi persyaratan berikut: Berat jenis kering < Berat jenis SSD < Berat jenis semu.

Tabel 1. Pengujian Berat Jenis Agregat Halus

Pengujian	Notasi	I	II	Satuan
Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan	S	500	500	gram
Berat benda uji kering oven	A	475	480,0	gram
Berat piknometer yang berisi air	B	676	676	gram

Berat piknometer dengan benda uji dan air	C	990	985,0	gram
---	---	-----	-------	------

Tabel 2. Pengujian Penyerapan Berat Jenis Agregat Halus

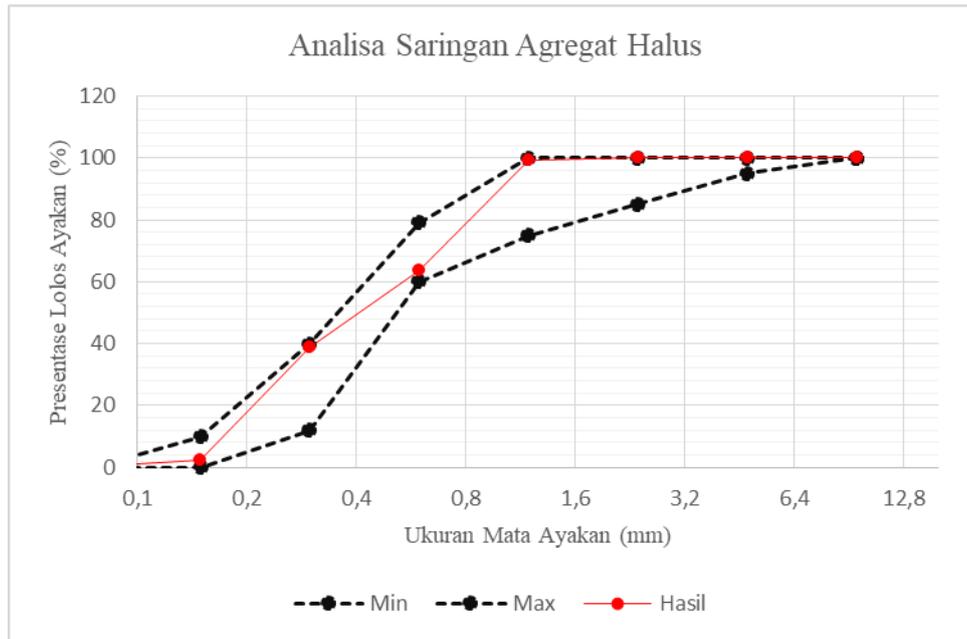
Perhitungan	Notasi	I	II	Rata-rata
Berat jenis curah kering (Sd)	$\frac{A}{B - C}$	2,55	2,513	2,533
Berat jenis curah jenuh kering permukaan(Ss)	$\frac{B}{B - C}$	2,688	2,924	2,805
Berat jenis semu (Sa)	$\frac{A}{A - C}A$	2,950	2,630	2,876
Penyerapan Air (Sw)	$\frac{B - A}{A} \times 100\%$	5,263	4,167	4,715

2. Hasil Pengujian Analisa Saringan

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui butir (gradasi) dan menghitung besar nilai modulus tingkat kehalusan agregat halus yang akan digunakan dalam campuran benda uji mortar. Setelah dilakukan pengujian saringan agregat halus, didapat hasil pengujian sebagai berikut:

Tabel 3. Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus

Saringan		Massa Tertahan	Jumlah Tertahan	Persentase Kumulatif (%)	
Mm	Inci	Gram (a)	Gram (b)	Tertahan (c)	Lewat (d)
9,52 mm	(3/8 inci)	0	0	0	100
4,75 mm	(No.4)	0,0	0	0,00	100,00
2,36 mm	(No.8)	0,00	0,00	0,00	100,00
1,18 mm	(No.16)	10,40	10,40	0,95	99,05
0,6 mm	(No.30)	390,00	400,40	36,47	63,53
0,3 mm	(No.50)	270,00	670,40	61,06	38,94
0,15 mm	(No.100)	400,00	1070,40	97,50	2,50
0,075mm	(No.200)	22,50	1092,90	99,54	0,46
Pan		5,00	1097,90	100,00	0
		1098		295,5	404,4813
Modulus Kehalusan				2,96	



Gambar 1. Grafik Analisa Saringan Agregat Halus

3. Pengujian Kadar Air Agregat Halus

Kering Mutlak (Saturated Surface Dry, SSD): Agregat halus dalam kondisi SSD adalah ketika agregat tersebut telah menyerap air hingga tidak ada kelebihan air di permukaannya, tetapi masih mempertahankan kelembapan dalam seluruh partikelnya. Kadar air pada kondisi SSD biasanya berkisar antara 2% hingga 7%.

Tabel 4. Kadar Air Agregat Halus

Pemeriksaan Kadar Air			
W1	Berat Benda Uji Sebelum Di Oven	1000	Gram
W2	Berat Benda Uji Setelah Di Oven	981,3	Gram
	Kandungan Air (W1-W2)	18,7	Gram
	$\frac{W1-W2}{W2} \times 100\%$	2,95	%

4. Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus

Tabel 5. Kadar Lumpur Agregat Halus

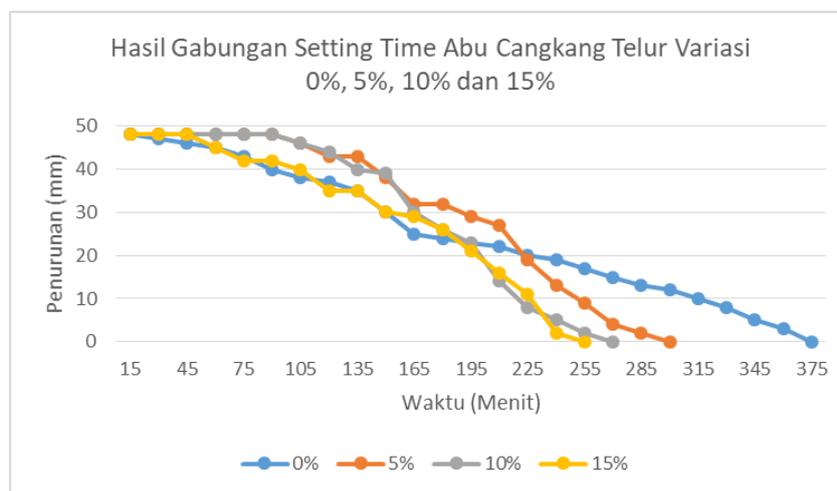
Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus			
No	Keterangan	Jumlah	Satuan
1	Tinggi Pasir (V1)	375	ml
2	Tinggi Lumpur (V2)	25	ml
3	Kadar Lumpur	0,063	%

5. Komposisi Campuran Mortar Geopolimer

Tabel 6. Mix Desain Mortar

No	Persentase Campuran	Jumlah	Fly Ash	Genteng	Pasir	Aktifator		
						NaOH	Na ₂ SiO ₃	Air
1	0 %	9	960	0	1920	96	240	240
2	5 %	9	912	48	1920	96	240	240
3	10%	9	864	96	1920	96	240	240
4	15%	9	816	144	1920	96	240	240

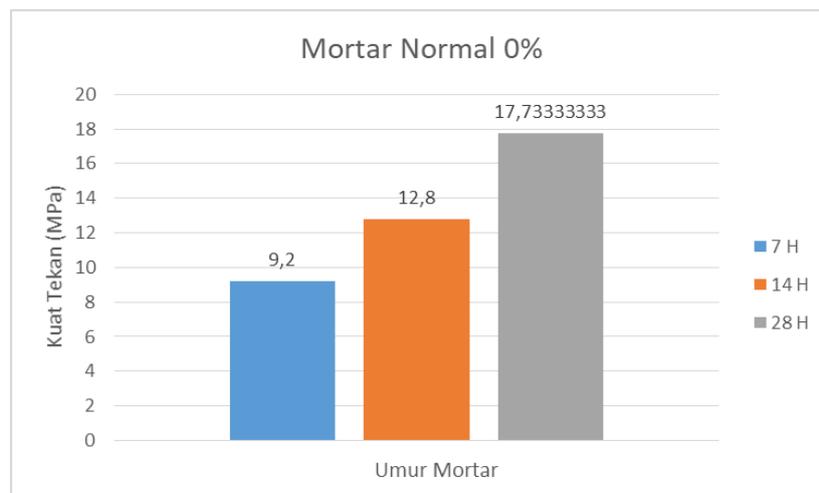
6. Hasil Pengujian Setting Time Hasil Gabungan Setting Time



Gambar 2. Hasil Gabungan Setting Time Variasi 0%, 5%, 10% dan 15%

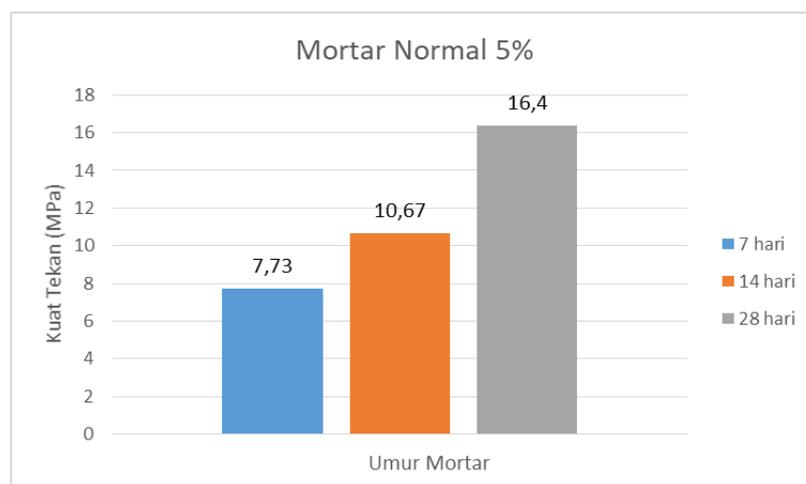
Dari data diatas dapat dilihat dari hasil pengujian setting time mortar normal dengan persentase 0% didapatkan waktu pengikatan awal (initial sett) pada menit ke 180 atau dalam waktu 3 jam, mencapai waktu pengikatan akhir (final sett) pada menit ke 375 atau dalam waktu 6 jam 15 menit. Lalu untuk setting time Mortar dengan persentase 5% didapatkan waktu pengikatan awal (initial sett) pada menit ke 225 atau dalam waktu 3 jam 45 menit, mencapai waktu pengikatan akhir (final sett) pada menit ke 300 atau dalam waktu 5 jam. Untuk setting time Mortar dengan persentase 10% didapatkan waktu pengikatan awal (initial sett) pada menit ke 195 atau dalam waktu 3 jam 15 menit, mencapai waktu pengikatan akhir (final sett) pada menit ke 270 atau dalam waktu 4 jam 30 menit. Untuk setting time Mortar dengan persentase 15% didapatkan waktu pengikatan awal (initial sett) pada menit ke 195 atau dalam waktu 3 jam 15 menit, mencapai waktu pengikatan akhir (final sett) pada menit ke 225 atau dalam waktu 4 jam 15 menit. Untuk initial sett tercepat pada variasi 0% dan yang terlama pada abu cangkang telur variasi 5%. Sedangkan final sett tercepat pada abu cangkang telur variasi 15% dan yang terlama pada variasi 0%. Dapat disimpulkan bahwa penambahan abu cangkang telur berpengaruh pada variasi ini.

7. Pengujian Kuat Tekan Mortar Normal



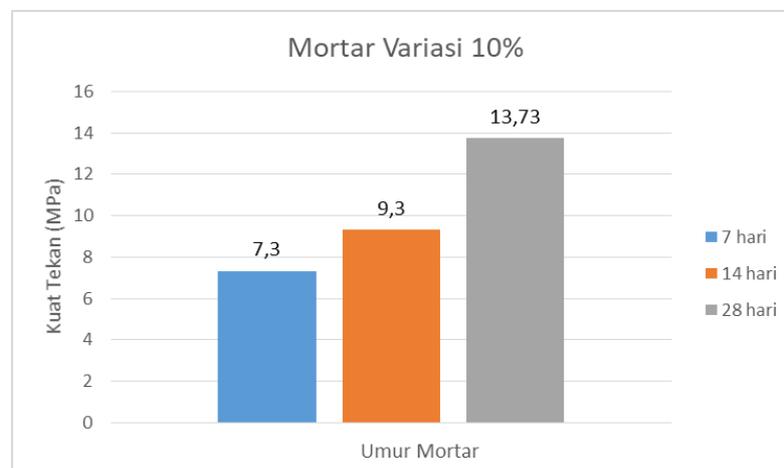
Gambar 3. Grafik Pengujian Kuat Tekan Mortar Normal

8. Pengujian Kuat Tekan Mortar Variasi 5%



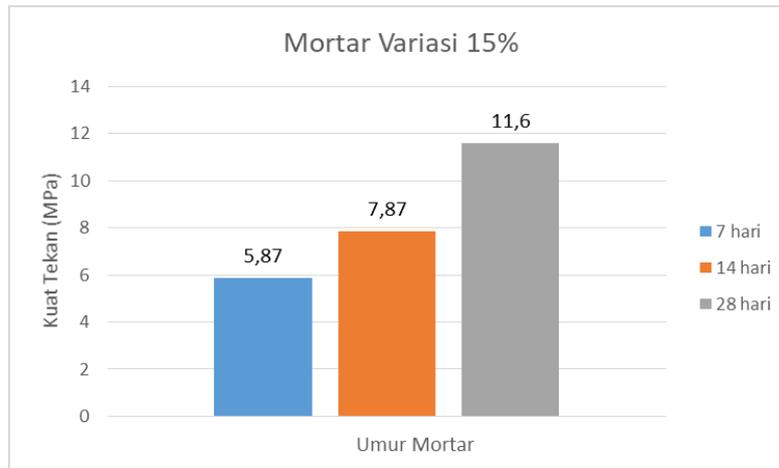
Gambar 4. Grafik Pengujian Kuat Tekan Mortar Variasi 5%

9. Pengujian Kuat Tekan Mortar Variasi 10%



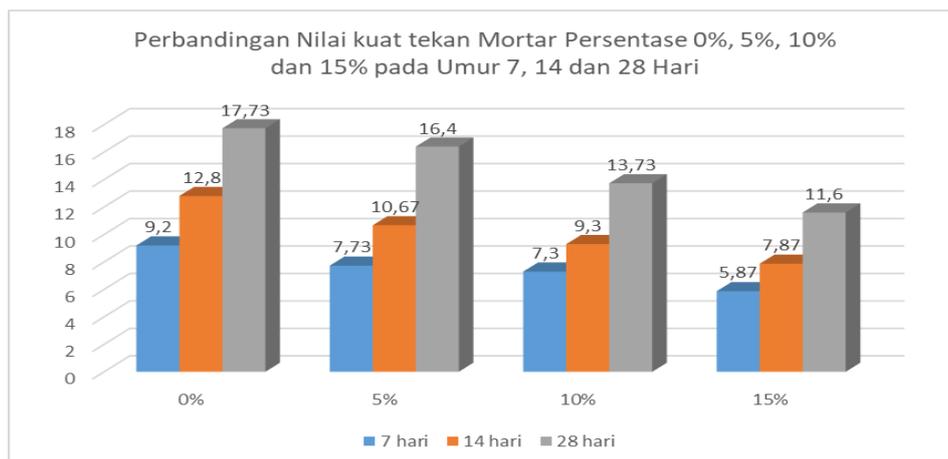
Gambar 5. Grafik Pengujian Kuat Tekan Mortar Variasi 10%

10. Pengujian Kuat Tekan Mortar Variasi 10%



Gambar 6. Grafik Pengujian Kuat Tekan Mortar Variasi 15%

11. Rata – Rata Nilai Kuat Tekan Mortar



Gambar 7. Grafik Perbandingan Kuat Tekan Mortar Geopolimer Umur 7, 14 dan 28 Hari

D. Penutup Kesimpulan

1. Maka dapat disimpulkan bahwa penambahan abu cangkang telur sebagai substitusi berpengaruh terhadap nilai waktu ikat (setting time). Didapatkan setting time tercepat pada persentase 15% dengan waktu pengikatan awal (intial sett) pada menit ke 195 menit atau dalam waktu 3 jam 15 menit dan waktu pengikatan akhir (final sett) 225 menit atau dalam waktu 4 jam 15 menit. Semakin banyak penambahan kadar cangkang telur pada mortar, maka semakin banyak pula penyerapan air pada mortar. Semakin banyak kadar cangkang telur yang digunakan akan mempercepat setting time. Durasi setting time lebih cepat dikarenakan abu cangkang telur memiliki kandungan silika (SiO) yang cukup tinggi serta activator sodium silikat yang memiliki kandungan silika sehingga mempercepat reaksi panas saat mencetak mortar geopolimer.
2. Pada penelitian ini hasil dari substitusi abu cangkang telur sangat berpengaruh terhadap nilai kuat tekan mortar geopolimer, semakin tinggi campuran maka didapatkan nilai kuat tekan semakin menurun, Nilai tertinggi didapatkan pada umur 28 hari (0%=17.3Mpa) (5%=16,4 Mpa) (10%=13.7 MPa) (15%=11.6 Mpa) .

Saran

1. Pada proses pembuatan benda uji atau mix design sebaiknya menggunakan APD (alat pelindung diri) seperti sarung tangan dan masker, karena ada bahan kimia yang berbahaya seperti sodium hodioksida dan sodium silikat.
2. Untuk penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan variasi campuran yang lebih rendah agar mendapatkan nilai uji kuat tekan yang lebih tinggi.

Daftar Pustaka

- Kinanti Anastasia. (2017). Peningkatan Kuat Tekan Beton Geopolimer dengan Menggunakan Variasi Abu Cangkang Telur Bebek Melalui Proses Pengovenan.
- Agung Fariza. (2019) Pengaruh Abu Cangkang Telur Sebagai Substitusi Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton.
- Davidovits. (2008). Pemanfaatan Geopolimer Sebagai Bahan Pengganti Semen.
- Edy B. (2019). Pemanfaatan Abu Batu Bara Sebagai Bahan Pengganti Semen Pada Pembuatan Mortar Geopolimer.
- Susanto. (2014). Kandungan Yang Terdapat Dalam Cangkang Telur ScienceDirect. (2021). Prospek Pemanfaatan Bubuk Cangkang Telur Dalam Bahan Kontruksi Berkelanjutan – Sebuah Tinjauan.
- SK SNI S-04-1989-F Persyaratan Agregat Halus.
- SK SNI M-11-1989-F Metode Pengujian Kadar Air Agregat.
- ASTM C128-88 Prosedur Untuk Menganalisis Kepadatan Dan Berat Jenis Agregat Halus SK SNI M-08-1898-F Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar.
- SK SNI S-04-1989-F Syarat Spesifikasi Kadar Lumpur Dari Agregat Halus.
- SNI 03-6825-2002 Metode Pengujian Kekuatan Mortar Geopolimer Untuk Pekerjaan Sipil
- ASTM C191-08 Metode Uji Standar Untuk Pengaturan Waktu Semen Hidrolik Dengan Jarum Vicat.