


PENGARUH PENAMBAHAN *DOSIS CEMENT GRINDING AID (CGA)* TERHADAP *SETTING TIME* DAN KUAT TEKAN MORTAR PADA SEMEN PCC DI PT. SEMEN BATURAJA TBK

Tri Sunarsih^{*1}, Hasan Marzuki², Novadri Anaser³, Safaruddin⁴

^{1,2} Universitas Islam Negeri Raden Fatah Palembang, Indonesia

^{3,4} PT.Semen Baturaja, Indonesia

Korespondensi Author: tris82029@gmail.com

<p>Info Article Received : 04 Juni 2024 Revised : 10 Juli 2024 Accepted : 01 Agustus 2024 Publication : 31 Agustus 2024</p>	<p>Abstract: <i>Cement Grinding Aid (CGA) appears as an addition that has the potential to affect the characteristics of the mortar in PCC cement. The purpose of this study is to optimize the formulation of PCC cement from CGA-MBS and CGA-MAPEI types against the Setting Time and mortar compressive strength. In this study, a physical test method was used, namely the setting time and mortar compressive strength test. From the results of the study, the setting time test is faster for the CGA-MAPEI type because it increases the smoothness of the cement, while the CGA-MBS type has a chemical composition content that more affects its properties as a more stable and resistant adhesive. In the mortar compressive strength test, the addition of a dose of CGA (100 – 400) ppm the compressive strength value of CGA-MAPEI mortar is higher than that of GCA-MBS, but in the addition of a dose of 500 ppm, the compressive strength value of CGA-MAPEI is still below the compressive strength value of CGA-MBS.</i></p>
<p>Keywords: <i>Cement Grinding Aid (CGA), PCC Cement, Setting Time, Mortar Compressive Strength.</i></p>	
<p>Kata Kunci : <i>Cement Grinding Aid (CGA), Semen PCC, Setting Time, Kuat Tekan Mortar</i></p>	
<p>Licensed Under a Creative Commons Attribution 4.0 International License</p>	
	<p>Abstrak: <i>Cement Grinding Aid (CGA) muncul sebagai tambahan yang berpotensi mempengaruhi karakteristik mortar pada semen PCC. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengoptimalkan formulasi semen PCC dari jenis CGA-MBS dan CGA-MAPEI terhadap Setting Time dan kuat tekan mortar. Dalam penelitian ini menggunakan metode uji fisika yaitu uji setting time dan kuat tekan mortar. Dari hasil penelitian, uji setting time lebih cepat untuk jenis CGA-MAPEI karena meningkatkan kehalusan semen, sedangkan jenis CGA-MBS memiliki kandungan komposisi bahan kimia yang lebih mempengaruhi sifat sebagai perekat yang lebih stabil dan tahan. Pada uji kuat tekan mortar, penambahan dosis CGA (100 – 400) ppm nilai kuat tekan mortar CGA-MAPEI lebih tinggi dibandingkan GCA-MBS, akan tetapi pada penambahan dosis 500 ppm nilai kuat tekan CGA-MAPEI masih dibawah nilai kuat tekan CGA-MBS.</i></p>

INTRODUCTION

Pembangunan nasional merupakan rangkaian proses perubahan struktural yang dilakukan secara terus menerus dan berkesinambungan. Di negara-negara berkembang keadaan ini terjadi dengan adanya pergeseran struktur perekonomian dari berbasis sektor pertanian ke sektor industri. Secara khusus, industri semen (Marsden, 2014). Salah satu industri yang mendorong pertumbuhan industri dan ekonomi Indonesia adalah industri semen. Semen sangat penting untuk pembangunan, terutama infrastruktur. Semen adalah produk industri yang dibuat dari campuran bahan baku seperti batu kapur atau gamping sebagai bahan utama dan lempung, tanah liat, atau bahan pengganti lainnya sebagai bahan pengganti (Putri, Amri, & Suryani, 2020).

Semen *Portland Composite Cement* (PCC) adalah turunan dari semen OPC (*Ordinary Portland Cement*), yang dibuat dengan bahan baku yang sama. Namun, pada jenis semen PCC, ada aditif dan zat anorganik lain selain gypsum (Lasino, Rachman, & Sugiharto, 2012). Namun, peningkatan kinerja bahan konstruksi tetap menjadi fokus utama untuk memenuhi persyaratan proyek konstruksi yang semakin kompleks dan berkembang. Dalam konteks ini, *Cement Grinding Aid* (CGA) muncul sebagai tambahan yang berpotensi mempengaruhi karakteristik mortar pada semen PCC. CGA diformulasikan untuk memberikan efek yang penting pada produk semen akhir yang dihasilkan yaitu kenaikan kekuatan semen sehingga CGA akan mempertahankan atau bahkan meningkatkan kuat tekan semen pada komposisi semen dengan rasio klinker yang lebih rendah (Yanita, 2020). Dalam pengujian ini, dapat mengukur kinerja operasi pabrik semen yang dihasilkan dengan menggunakan berbagai jenis CGA. Kinerja operasi pabrik semen yang dihasilkan oleh CGA-MBS dan CGA-MAPEI akan berbeda, sehingga dapat membandingkan hasil pengujian untuk membedakan kedua jenis CGA (Mawardi, Nofrita, & Kuniawaty, 2012).

CGA (*Cement Grinding Aids*) berfungsi untuk mengurangi tingkat kekerasan semen dan meningkatkan kehalusan semen. Hal ini akan mempengaruhi kuat tekan semen yang dihasilkan, serta waktu pengikatan semen. Salah satu parameter penting yang harus diperhatikan adalah *Setting Time*, yang mencakup interval waktu antara pencampuran semen dan air hingga dimulainya pengerasan, serta kekuatan tekan mortar sebagai penunjuk kekuatan akhir material. Pengaruh penambahan dosis CGA terhadap *Setting Time* dan kekuatan tekan mortar pada semen PCC masih belum sepenuhnya dipahami (Pentachem, 2018).

Dengan pemahaman yang lebih mendalam mengenai dampak antara jenis CGA-MBS dan CGA-MAPEI terhadap *Setting Time* dan kuat tekan mortar pada semen PCC, penelitian ini diharapkan dapat memberikan dasar ilmiah untuk mengoptimalkan formulasi semen PCC dari jenis CGA yang digunakan. Semen PCC ini dapat digunakan untuk berbagai macam konstruksi umum seperti untuk membuat acian dan bahan bangunan dan lain sebagainya (Mustaqim, 2014).

METHOD

1. Pengujian *Setting Time*

Alat

Adapun alat yang digunakan yaitu neraca analitik, gelas ukur 250 ml, gelas ukur 10 ml, stopwatch, alat vicat, pisau pengiris, mesin pengaduk (mixer semen), wadah pengaduk, batang pengaduk, sarung tangan karet, spatula pengaduk, beker gelas 1000 ml, ruang lembab, cicin konik, oli/pelumas dan plat kaca plastik.

Bahan

Adapun bahan yang digunakan yaitu :

- a. Semen PCC
- b. Air suling
- c. Pasir Ottawa sesuai ASTM 90 C778
- d. Cairan CGA-MAPEI & CGA-MBS [masing-masing (100 ppm = 0,05 gr), (200 ppm = 0,1 gr), (300 ppm = 0,15 gr), (400 ppm = 0,2 gr), (500 ppm = 0,25 gr)].

Prosedur Kerja

Disiapkan cairan CGA-MAPEI dan CGA-MBS, 650 gr semen dan sejumlah air pencampur yang telah terukur, dipasang batang dan wadah pengaduk dimesin pengaduk, dimasukkan seluruh air pencampur dan cairan CGA sesuai konsentrasi kedalam wadah, ditambahkan semen, lalu didiamkan selama 30 detik agar air teresap sempurna dalam semen, dijalankan mesin dengan kecepatan rendah (140 ± 5 putaran/menit) selama 30 detik, dihentikan mesin selama 15 detik, selama waktu tersebut kumpulkan pasta yang melekat pada dinding wadah menggunakan alat spatula pengaduk, dijalankan mesin pengaduk dengan kecepatan sedang (280 ± 10 putaran/menit) dan aduk selama 1 menit.

Setelah pasta semen kalis, dibentuk pasta semen menyerupai bola dengan tangan, dilempar-lempar bola pasta diantara kedua telapak tangan dengan jarak lemparan 150 mm sebanyak 6 kali hingga berbentuk silinder, dimasukkan pasta semen ke dalam cincin yang berlubang besar, dipegang cincin dengan kedua belah tangan lalu sempurnakan pengisian cincin dengan pasta, dibuang kelebihan pasta pada akhir lubang besar dengan satu gerakan telapak tangan, diletakkan akhir lubang cincin yang besar diatas pelat dan iris lebihan pasta pada akhir lubang cincin yang kecil (bagian atas cincin) dengan satu kali gerakan dengan posisi pisau sedikit miring, diratakan permukaan benda uji, bila perlu satu kali atau dua kali sentuhan sampai permukaan mengkilap, dihindari tekanan pada pasta selama pengerjaan (PT Semen Baturaja Tbk, 2020).

Dilakukan penentuan konsistensi normal dengan cara diletakkan batang peluncur B ditengah tengah pasta dalam cincin, ditempelkan ujung batang peluncur C pada permukaan pasta dan dikunci baut E, diatur skala indikator F pada tanda nol dalam skala, dilepaskan batang peluncur selama 30 detik (± 10 mm) setelah selesai pembuatan pasta alat harus bebas dari getaran selama pengujian (PT Semen Baturaja Tbk, 2020).

Dilakukan penentuan waktu pengikatan. Disimpan benda uji dalam ruang lembab selama 30 menit, dinolkan skala penetrasi, diturunkan jarum D sampai tepat menempel pada permukaan pasta semen, dikencangkan baut E dan atur indikator F diatas skala, tepatkan pada skala 0, dilepaskan batang dengan melonggarkan baut E secara cepat dan dibiarkan jarum turun selama 30 detik kemudian baca skala (± 25 mm *setting* awal, 0 mm *setting* akhir) (PT Semen Baturaja Tbk, 2020).

Perhitungan Waktu Pengikatan

$$\text{Konsistensi normal} = \frac{\text{Berat Air}}{\text{Berat Semen}} \times 100\% \text{ (PT Semen Baturaja Tbk, 2020)}$$

$$\text{Waktu pengikatan awal} = B - A \text{ (PT Semen Baturaja Tbk, 2020)}$$

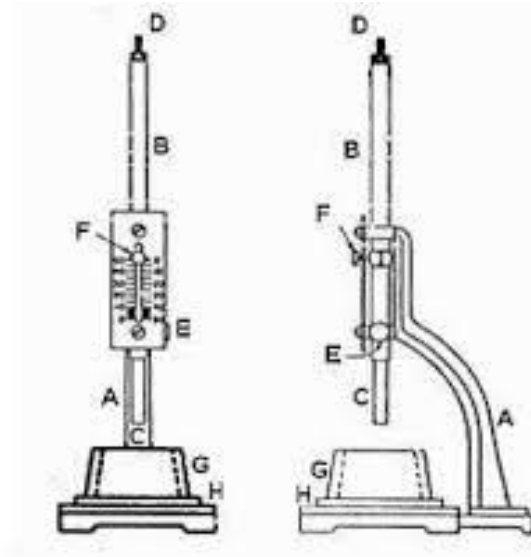
$$\text{Waktu pengikatan akhir} = C - A \text{ (PT Semen Baturaja Tbk, 2020)}$$

Keterangan :

A = waktu mulai pengadukan

B = waktu pengikatan awal

C = waktu pengikatan akhir



Gambar 2. 1. Alat Vicat

Keterangan :

- a.) Batang penyangga vicat
- b.) Batang peluncur
- c.) Ujung baut peluncur
- d.) Baut pemegang jarum vicat
- e.) Baut pengunci
- f.) Jarum indicator
- g.) Cincin ebonit
- h.) Pelat dasar kaca

2. Pengujian Kuat Tekan Mortar

Alat

Adapun alat yang digunakan yaitu neraca analitik, gelas ukur 250 ml, gelas ukur 10 ml, beker gelas 1000 ml, stopwatch, alat vicat, pisau pengiris, mesin pengaduk (mixer semen), wadah pengaduk, batang pengaduk, sarung tangan karet, spatula pengaduk, ruang lembab, cetakan mortar uk.sisi 50 mm, penumbuk uk.13x25x120 mm, sendok, kuas, oli/ pelumas, jangka sorong, meja leleh dan cincin leleh, serta mesin kuat tekan (*Digital Mortar Compression*).

Bahan

Adapun bahan yang digunakan yaitu semen PCC, air suling, pasir Ottawa sesuai ASTM 90 C778, cairan CGA-MAPEI & CGA-MBS [masing-masing (100 ppm =

0,05 gr), (200 ppm = 0,1 gr), (300 ppm = 0,15 gr), (400 ppm = 0,2 gr), (500 ppm = 0,25 gr)].

Prosedur Kerja

Disiapkan ruang lembab dengan suhu ruang 20-27,5°C dan kelembaban ruang harus lebih besar dari 50% (95-100), serta disiapkan bak perendaman untuk curing dengan kelarutan CaO dalam air adalah 1,19 gr/liter (PT Semen Baturaja Tbk, 2020). Disiapkan cetakan mortar bentuk kubus 5x5x5 cm, dibuat lapisan tipis oli pada bagian dalam cetakan dan plat dasar menggunakan kuas, dilapisi permukaan cetakan yang bersambung dengan oli, seka kelebihan oli pada permukaan dan plat dasar, dilapisi bagian luar cetakan dengan paraffin/lilin agar tidak ada rembesan air yang keluar. Disiapkan alat dan bahan yang digunakan untuk membuat mortar (PT Semen Baturaja Tbk, 2020).

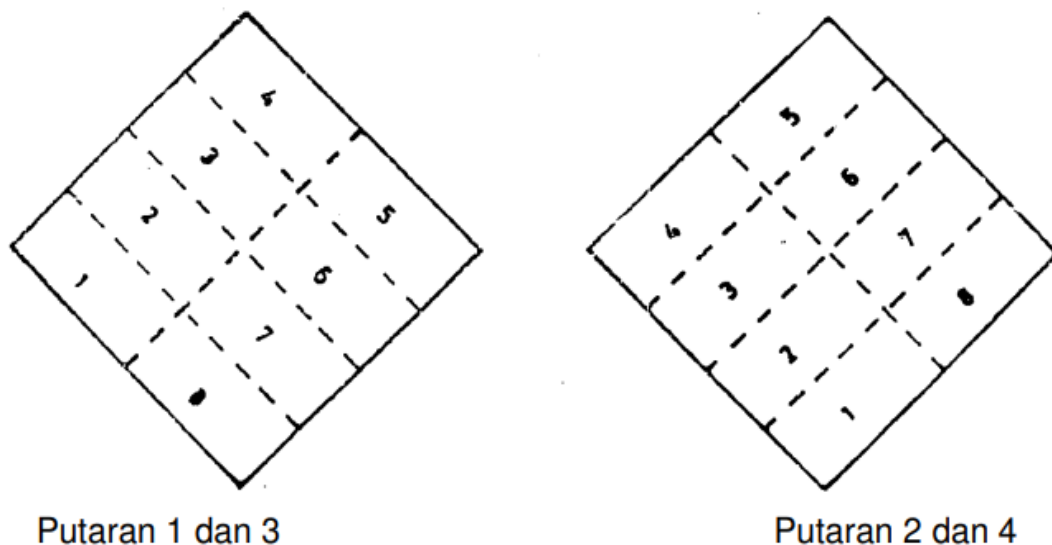
Ditempatakan wadah dan batang pengaduk pada mesin pengaduk. Dimasukkan air serta cairan CGA kedalam wadah pengaduk, ditambah semen, dijalankan mesin dengan kecepatan rendah (140 ± 5 putaran/menit) selama 30 detik, ditambahkan pasir secara perlahan-lahan sambil mesin berputar selama 30 detik, lalu dinaikkan dengan kecepatan sedang (285 ± 10 putaran/menit) selama 30 detik. Dihentikan mesin dan diamkan selama 90 detik, 15 menit pertama kumpulkan segera mortar yang melekat pada dinding wadah bagian dalam lalu tutup dengan kain. Pada pengadukan terakhir, putar pengaduk selama 1 menit dengan kecepatan sedang tanpa ditutup (PT Semen Baturaja Tbk, 2020).

Dilakukan uji leleh untuk menentukan jumlah/persentase air dengan cara, diletakkan cincin leleh di atas meja leleh, lalu diisi dengan mortar sampai penuh, pengisian dilakukan dalam 2 lapis, setiap lapis harus ditumbuk sebanyak 20 kali dengan alat pemadat. Diratakan permukaan atas mortar dalam cincin leleh dan dibersihkan mortar yang menempel di bagian luar cincin leleh. Diangkat cincin leleh perlahan-lahan, sehingga di atas meja leleh terbentuk mortar berbentuk kerucut terpancung. Digetarkan meja leleh sebanyak 25 kali selama 15 detik, dengan tinggi jatuh 1/2 in (12,7 mm). Diukur diameter mortar di atas meja leleh pada 4 tempat yang berlainan, lalu hitung diameter rata-rata (d) mortar tersebut hingga diperoleh diameter rata-rata d_r sama dengan 100 - 115 kali diameter semula d_s . setelah tercapai $d_r = 100 - 115$ kali d_s . Diaduk kembali mortar di dalam mangkok pengaduk dengan

kecepatan pengadukan sedang (285 ± 10 putaran/menit) selama 15 detik. Dimasukkan mortar ke dalam cetakan kubus (PT Semen Baturaja Tbk, 2020).

Dicetak benda uji dengan total waktu tidak boleh lebih dari 2 menit 30 detik setelah pengadukan. Dimasukkan mortar ke dalam cetakan dengan lapisan setinggi 25 mm ($\pm 1/2$ dari kedalaman cetakan) pada semua ruang cetakan kubus. Ditumbuk mortar dalam setiap ruang kubus sebanyak 32 kali selama 10 detik dalam 4 tahap (setiap tahap dilakukan 8 kali penumbukan dengan arah berbeda) (lihat gambar 2.2) (Penumbukan dilakukan permukaan benda uji, tekanan penumbukan harus tetap, dan pengisian pada cetakan harus seragam). Diisi Kembali cetakan sampai diatas permukaan dan ulangi penumbukan. Dibuang kelebihan mortar diatas permukaan cetakan dan diratakan permukaannya dengan menggunakan pisau pengiris (dengan posisi tegak lurus cetakan) dengan menggerakkan seperti menggergaji pada sepanjang permukaan cetakan (PT Semen Baturaja Tbk, 2020).

Gambar 2. 2. Konfigurasi Tumbukan Alat Pematik Benda Uji

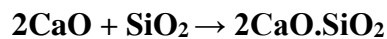


Disimpan benda uji yang telah dicetak dalam ruang lembab selama 20-24 jam dan hindari lapisan permukaan mortar dari percikan air. Dibuka cetakan setelah 24 jam. Lalu direndam benda uji dalam air kapur jenuh selama umur benda uji 3 hari, 7 hari dan 28 hari. Dilakukan uji kuat tekan mortar dengan alat *Digital Mortar Compression*, jika lebih dari 1 contoh yang dikeluarkan dari air kapur jenuh tutup benda uji dengan lap basah sampai waktu pengujian (PT Semen Baturaja Tbk, 2020).

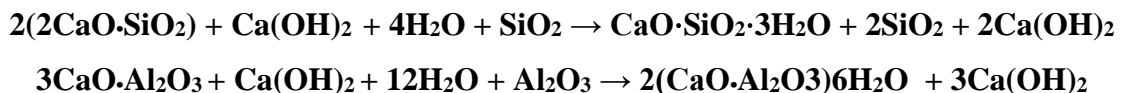
RESULT AND DISCUSSION

Result

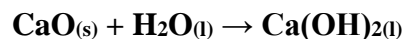
Penelitian ini diawali dengan menghomogenkan semen PCC pada mesin pencampur *mixer* beton. Adanya perbedaan bahan dasar yang digunakan untuk memproduksi semen PCC dan OPC sehingga akan memiliki karakter yang berbeda. Adapun reaksi kimia dalam proses pembuatan semen PCC antara klinker dan bahan tambahan salah satunya *fly ash*. Sebagian besar kandungan klinker yaitu C_3S ($3CaO \cdot SiO_2$), C_2S ($2CaO \cdot SiO_2$), C_3A ($3CaO \cdot Al_2O_3$) dan C_4AF ($4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$) dan sebagian besar kandungan *fly ash* yaitu SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO . Mekanisme reaksi kimia antara *fly ash* dan klinker pada proses produksi semen PCC adalah proses pengerasan semen yang terjadi ketika *fly ash* berinteraksi dengan kapur (CaO) dan silika (SiO_2) pada semen klinker (Sari & Sundari, 2020).



Partikel abu terbang yang mengandung silika (SiO_2) dan alumina (Al_2O_3) dapat bereaksi dengan kalsium hidroksida ($Ca(OH)_2$) yang dihasilkan melalui reaksi hidrasi klinker. Reaksi ini membentuk produk hidrasi tambahan seperti kalsium silikat hidrat (C-S-H) dan ettringite, yang dapat meningkatkan kekuatan dan ketahanan kimia semen PCC (Yusuf, Zuki, & Refnita, 2013).



Reaksi diatas merupakan salah satu reaksi kimia dari proses produksi semen PCC. Reaksi antara kalsium oksida (CaO) dengan air menghasilkan kalsium hidroksida ($Ca(OH)_2$), yang juga dikenal sebagai kapur hidrat.



Kapur terhidrasi menghasilkan $Ca(OH)_2$ yang akan menghasilkan volume kapur bebas yang lebih besar sehingga dapat menyebabkan pemuai volume pada reaksi hidrasi semen. Dalam penelitian ini menggunakan metode uji fisika yaitu uji *setting time* dan kuat tekan mortar. Untuk pengujian *setting time* dilakukan untuk menentukan waktu yang diperlukan semen untuk mulai mengeras, sedangkan kuat tekan dilakukan sesuai dengan variasi hari dengan umur 3 hari dan 7 hari.

Pengujian *setting time* dapat dilakukan dengan menggunakan alat yang dinamakan *vicat*. Alat ini mampu mengukur seberapa cepat waktu pengikatan semen

dengan skala millimeter (mm). Waktu ikat awal semen diuji dengan metode jarum vicat dengan diameter 1 mm yang menembus pasta semen sedalam 25 mm pada detik ke-30 setelah jarum tersebut dilepaskan. Waktu ikat akhir tercapai apabila pada saat jarum vicat diletakkan diatas sampel selama 30 detik, pada permukaan sampel tidak berbekas atau tidak tercetak. Sebelum pelaksanaan pengujian *setting time*, perlu dilakukan pengujian konsistensi normal semen.

Pengujian konsistensi normal dilakukan untuk mencari jumlah/persentase air yang diperlukan untuk pengujian *setting time* (Istighfar, Kurniawandy, & Ermiyati, 2014). Jumlah/persentase tersebut didapat dengan cara coba-coba sampai jarum penetrasi mencapai angka 10 ± 1 mm. Dari hasil penelitian didapat nilai konsistensi normal pada semen dengan campuran variasi CGA-MBS yaitu sekitar 24,31% (158 ml air dengan 650 gr semen), dan semen dengan campuran variasi CGA-MAPEI yaitu 24,15 % (157 ml air dengan 650 gr semen) untuk masing-masing penambahan dosis CGA.

$$\text{Konsistensi normal (CGA - MBS)} = \frac{158}{650} \times 100\% = 24,31\%$$

$$\text{Konsistensi normal (CGA - MAPEI)} = \frac{157}{650} \times 100\% = 24,15\%$$

Tabel 1 *Setting Time* Semen PCC Dengan Penambahan CGA

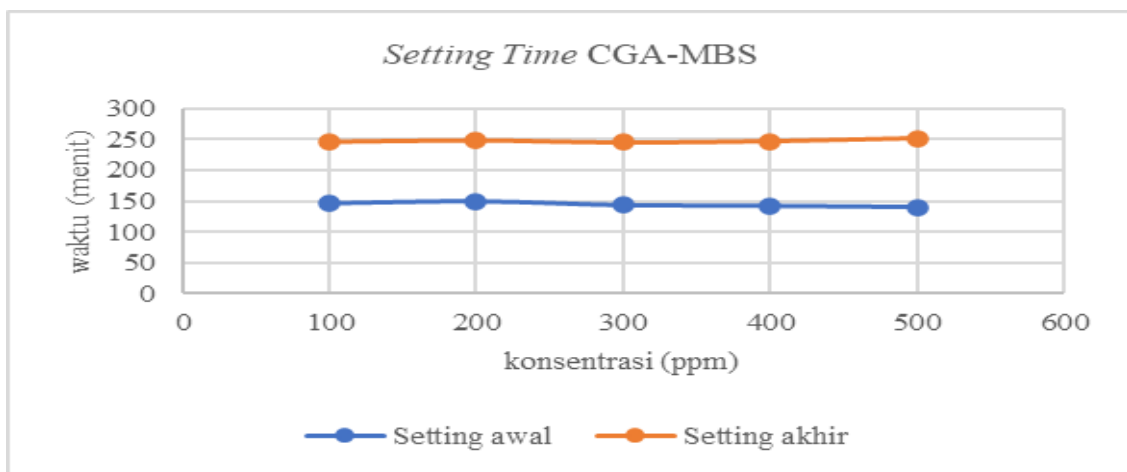
CGA-MBS (ppm)	<i>Setting Awal</i> (Menit)	<i>Setting Akhir</i> (Menit)	CGA-MAPEI (ppm)	<i>Setting Awal</i> (Menit)	<i>Setting Akhir</i> (Menit)
100	146	246	100	144	243
200	149	248	200	142	248
300	143	245	300	145	245
400	142	247	400	144	242
500	140	251	500	141	240

Sumber : Data diolah 2024

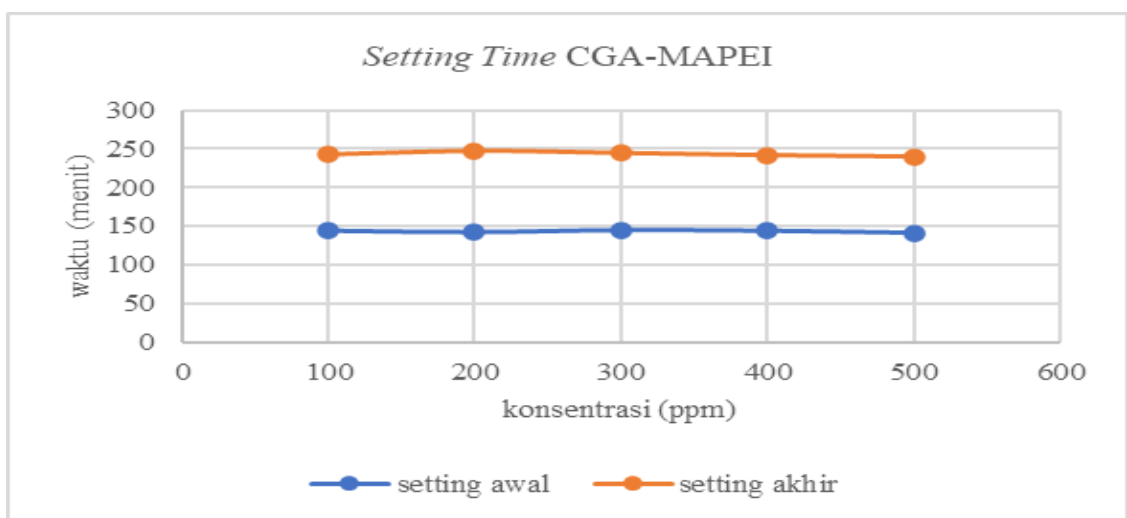
Dari tabel 2.2, didapat bahwa CGA jenis MBS dan MAPEI memiliki sedikit perbedaan. Faktor air semen merupakan suatu angka yang menyatakan banyaknya air yang dibutuhkan untuk proses pengikatan semen. Jika ditambahkan CGA dua jenis yang berbeda maka faktor air semen akan mempengaruhi kekuatan dan kekerasan semen yang dihasilkan. Faktor air semen dipengaruhi dengan jenis CGA-MBS dan CGA-MAPEI, karena CGA-MBS terdiri dari bahan-bahan kimia seperti resin epoksi, uretan, atau poliuretan yang berfungsi sebagai perekat mekanis serta memiliki sifat yang lebih stabil dan tahan lama, sedangkan CGA-MAPEI yang termasuk bahan-bahan

kimia khusus yang dirancang untuk memberikan pengikatan kimia yang kuat, lebih efektif dalam mengurangi kekerasan semen dan meningkatkan kehalusan.

Dari data tabel 2.2, uji *setting time* lebih cepat untuk jenis CGA-MAPEI dibandingkan jenis CGA-MBS, karena CGA-MAPEI meningkatkan kehalusan semen, semakin halus semen butiran semen maka semakin cepat pula waktu pengikatan awal. Sehingga koefisien air semen yang dibutuhkan pada jenis CGA-MAPEI yang digunakan sebanyak 24,15%. Sedangkan jenis CGA-MBS setting awal lebih lambat karena kandungan komposisi bahan kimia yang lebih mempengaruhi sifat sebagai perekat yang lebih stabil dan tahan lama, serta koefisien air yang digunakan sebanyak 24,31%. Semakin rendah koefisien air semen maka semakin tinggi pula kuat tekannya (Anggraini & Sari, 2017). Sehingga dibuatlah grafik untuk mengetahui rentang waktu yang dibutuhkan dalam uji *setting time* untuk setiap jenis CGA yang digunakan dalam pengujian ini.



Gambar 2. 3. *Setting Time* CGA-MBS



Gambar 2. 4. *Setting Time* CGA-MAPEI

Dari gambar 2.3 dan 2.4, hubungan penggunaan CGA-MAPEI serta CGA-MBS pada pengujian *setting time* dapat ditarik kesimpulan bahwa tidak adanya pengaruh penambahan dosis konsentrasi CGA dan juga jenis CGA yang digunakan untuk uji *setting time* semen. Pengujian ini juga sudah sesuai dengan standar SNI semen PCC untuk uji *setting time* yaitu *setting* awal dengan waktu minimal 45 menit dan *setting* akhir dengan waktu maksimal 375 menit.

Faktor-faktor yang mempengaruhi *setting time* semen:

1. Kadar air yaitu, jumlah air yang dibutuhkan dalam pengujian ini adalah $\pm 24\%$. CGA-MBS dan CGA-MAPEI yang memiliki formulasi kimia yang berbeda, yang dapat mempengaruhi jumlah air yang terkandung dalam produk. Beberapa bahan kimia membutuhkan lebih banyak air sebagai bagian dari proses pengerasan atau sebagai komponen dari bahan itu sendiri.
2. Pengujian waktu awal ikat semen juga dipengaruhi oleh kehalusan butiran semen. Formulasi dari jenis CGA-MAPEI meningkatkan kehalusan semen. Apabila semen terlalu halus maka waktu pengikatan semen cepat.
3. Komposisi kimia bahan pengikat dalam CGA-MBS dan CGA-MAPEI akan memiliki pengaruh signifikan pada waktu pengikatan. Bahan kimia yang berbeda akan memiliki waktu pengikatan yang berbeda pula, tergantung pada reaksi kimia yang terjadi.

Pada pengujian kuat tekan ini hasil yang ditunjukkan oleh alat kuat tekan mortar yaitu *Digital Mortar Compression*, yang menunjukkan besarnya beban yang diberikan serta nilai kuat tekan pada masing-masing variasi dosis yang diberikan. Benda uji berupa kubus $5 \times 5 \times 5$ cm. Untuk sampel yang pengujiannya lebih dari 24 jam, maka sampel disimpan dengan menggunakan sistem *curing*. Perawatan benda uji atau *curing* dilakukan setelah proses pembuatan kubus selesai. Perawatan dilakukan agar proses hidrasi selanjutnya tidak mengalami gangguan. Jika hal ini terjadi mortar akan mengalami keretakan karena kehilangan air yang begitu cepat. Dalam penelitian ini, perawatan benda uji dilakukan dengan cara merendamnya dalam bak air kapur jenuh selama periode waktu yang ditentukan.

Tabel 2 Pengujian Kuat Tekan Mortar dengan Penambahan Dosis CGA

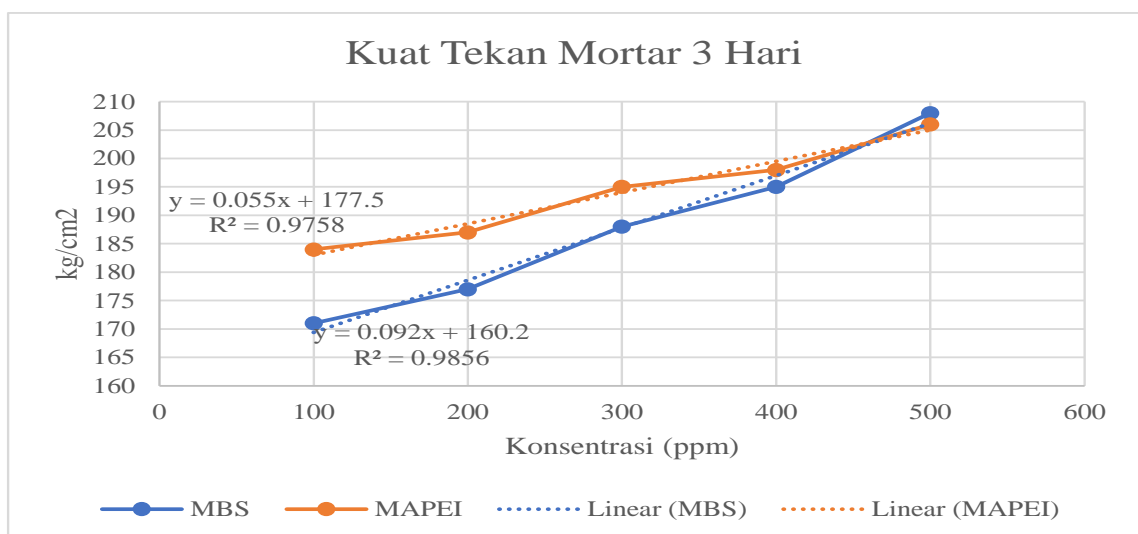
Konsentrasi Penambahan CGA (ppm)	Umur ke-3 Hari		Umur ke-7 Hari	
	CGA-MBS (kg/cm ²)	CGA-MAPEI (kg/cm ²)	CGA-MBS (kg/cm ²)	CGA-MAPEI (kg/cm ²)
100	171	184	224	231
200	177	187	228	232

300	188	195	233	235
400	195	198	236	238
500	208	206	244	241

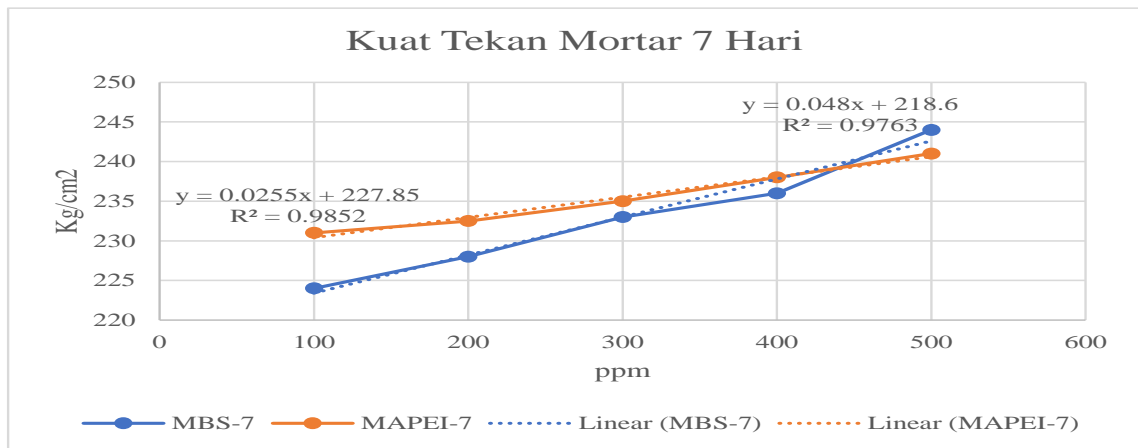
Sumber : Data diolah 2024

Berdasarkan nilai kuat tekan yang dihasilkan dari tabel 2.3, nilai kuat tekan memenuhi syarat SNI semen PCC yaitu untuk umur 3 hari kuat tekan min. 125 kg/cm² dan umur 7 hari kuat tekan min. 200 kg/cm². Berdasarkan hasil uji kuat tekan mortar didapat bahwa nilai kuat tekan CGA-MBS dengan CGA-MAPEI ada sedikit perbedaan. Pada penambahan dosis CGA 100 ppm, 200 ppm, 300 ppm, dan 400 ppm nilai kuat tekan mortar jenis CGA-MAPEI lebih tinggi dibandingkan jenis GCA-MBS, akan tetapi pada penambahan dosis 500 ppm nilai kuat tekan CGA-MAPEI masih dibawah nilai kuat tekan CGA-MBS.

CGA-MBS merupakan material tambahan berupa mikrosilika yang digunakan dalam penggilingan semen yang memiliki sifat yang lebih stabil dan pengoperasian yang lebih tahan lama. Sedangkan CGA-MAPEI mempunyai bahan-bahan kimia khusus yang dirancang untuk memberikan pengikatan kimia yang kuat, sifat yang lebih efektif dalam menurunkan kekerasan semen dan meningkatkan kehalusan semen. Dari tabel 2.3, didapatkan hasil nilai rata-rata dari kedua jenis CGA, yakni di umur 3 hari CGA-MBS 187,8 kg/cm² sedangkan CGA-MAPEI 194 kg/cm², dan di umur 7 hari CGA-MBS 233 kg/cm² sedangkan CGA-MAPEI 235,5 kg/cm². Hal ini mempengaruhi kuat tekan semen, karena CGA-MAPEI lebih efektif dalam mengurangi kekerasan semen dan meningkatkan kehalusan butiran semen. Untuk mengetahui pengaruh CGA terhadap kuat tekan mortar, dibuatlah grafik pengaruh penambahan dosis jenis CGA-MBS dan CGA-MAPEI terhadap kuat tekan mortar semen.



Gambar 2. 5. Grafik Kuat Tekan Mortar



Gambar 2. 6. Grafik Kuat Tekan Mortar

Berdasarkan gambar 2.5 dan 2.6, dapat dilihat bahwa penambahan dosis CGA mempengaruhi nilai kuat tekan, karena CGA mengandung bahan yang mempengaruhi nilai kuat tekan akhir semen, salah satunya adalah bahan Trietanolamin (TEA). Hal ini dapat dilihat pada persamaan regresi yang diperoleh dari umur pengujian 3 hari jenis CGA-MBS, yaitu $y = 0,092x + 160,2$ dengan nilai koefisien determinasi (R^2) 0,9856 sedangkan jenis CGA-MAPEI, yaitu $y = 0,055x + 177,5$ dengan nilai koefisien determinasi (R^2) 0,9758. Pada pengujian umur 7 hari didapat persamaan regresi untuk jenis CGA-MBS, yaitu $y = 0,048x + 218,6$ dengan nilai koefisien determinasi (R^2) 0,9763, sedangkan jenis CGA-MAPEI, yaitu $y = 0,0255x + 227,85$ dengan nilai koefisien determinasi (R^2) 0,9852. TEA memiliki fungsi sebagai agen penggiling dan juga memiliki kemampuan untuk mempercepat proses hidrasi semen. Dengan merangsang reaksi hidrasi, TEA dapat meningkatkan kekuatan awal dan akhir semen.

Berdasarkan gambar 2.5 dan 2.6, dapat dilihat bahwa hasil pengujian kuat tekan mortar dari bentuk benda uji kubus ukuran $5 \times 5 \times 5$ cm, dengan campuran mortar yang menggunakan CGA-MBS dan CGA-MAPEI dengan penambahan variasi dosis 100 ppm, 200 ppm, 300 ppm, 400 ppm dan 500 ppm untuk umur pengujian 3 hari dan 7 hari menunjukkan terjadi peningkatan nilai kuat tekan mortar berturut-turut sesuai dengan peningkatan penambahan CGA. Rentang kenaikan grafik dari jenis CGA-MBS lebih tinggi, sedangkan jenis CGA-MAPEI tidak begitu jauh.

Berdasarkan data uji kuat tekan yang tergambar dalam gambar grafik 2.5 dan 2.6, terlihat bahwa semakin lama waktu perawatan (*curing*), nilai kuat tekan sampel mortar meningkat. Penyebabnya adalah perpanjangan waktu perendaman dalam air yang meningkatkan luas permukaan yang dapat dihidrasi. Dengan luas permukaan yang lebih besar, partikel-partikel mortar dapat menahan beban yang diaplikasikan saat diuji tekan,

sehingga kuat tekan yang diukur oleh alat tekan mortar (*Digital Mortar Compression*) semakin besar. Sebaliknya, tanpa perawatan (*curing*), kuat tekan mortarnya cenderung lebih rendah. Ada beberapa faktor yang memengaruhi kekuatan mortar, antara lain faktor air semen, kepadatan, umur mortar, jenis semen, jumlah semen, dan sifat agregat.

CGA (*Cement Grinding Aid*) merupakan material tambahan yang digunakan dalam penggilingan semen untuk mengurangi kekerasan semen dan meningkatkan kehalusan semen. Penggunaan jenis CGA yang berbeda akan menyebabkan perbedaan faktor air semen sehingga akan mempengaruhi kekuatan dan kekakuan mortar. Jumlah air semen yang cukup dan stabil merupakan faktor penting dalam menciptakan mortar dengan kekuatan yang diinginkan (Artati, 2016). CGA-MBS (*Cement Grinding Aid – Microbead Silica*) dan CGA-MAPEI (*Cement Grinding Aid – MAPEI*) merupakan material tambahan yang digunakan dalam penggilingan semen untuk mengurangi kekerasan semen dan meningkatkan kehalusannya. Namun terdapat perbedaan antara kedua jenis CGA tersebut. CGA-MBS merupakan material tambahan berupa mikrosilika yang digunakan dalam penggilingan semen.

Penggunaan CGA-MBS secara rutin pada proses produksi semen jenis PCC dapat meningkatkan output per jam dan meningkatkan kualitas semen. Hal ini akan mempengaruhi kuat tekan semen karena CGA-MBS akan mempunyai sifat yang lebih stabil dan tahan lama (PT. SEMEN BATURAJA Tbk., 2023). Sedangkan CGA-MAPEI merupakan material pelengkap yang diproduksi oleh MAPEI, salah satu produsen material dan peralatan konstruksi terkemuka di dunia. CGA-MAPEI mempunyai sifat yang lebih efektif dalam menurunkan kekerasan semen dan meningkatkan kehalusan semen (MAPEI, 2008). Perbedaan utama antara CGA-MBS dan CGA-MAPEI adalah kemampuan manufaktur dan kinerja. CGA-MBS yang digunakan dalam penggilingan semen mungkin memiliki sifat yang lebih stabil dan tahan lama, sedangkan CGA-MAPEI yang diproduksi oleh MAPEI mungkin lebih efektif dalam mengurangi kekerasan semen dan meningkatkan kehalusan.

CONCLUSION

Dari hasil penelitian, uji *setting time* lebih cepat untuk jenis CGA-MAPEI dibandingkan jenis CGA-MBS, karena CGA-MAPEI meningkatkan kehalusan semen, koefisien air semen pada CGA-MAPEI adalah 24,15%, sedangkan jenis CGA-MBS memiliki kandungan komposisi bahan kimia yang lebih mempengaruhi sifat sebagai

perekat yang lebih stabil dan tahan lama, koefisien air yang digunakan sebanyak 24,31%.

Semakin tinggi penambahan dosis CGA akan mempengaruhi nilai kuat tekan semen, karena CGA mengandung bahan yang mempengaruhi nilai kuat tekan akhir semen, salah satunya adalah bahan Trietanolamin (TEA) yang memiliki fungsi sebagai agen penggiling dan juga memiliki kemampuan untuk mempercepat proses hidrasi semen. Dengan merangsang reaksi hidrasi, TEA dapat meningkatkan kekuatan awal dan akhir semen.

Berdasarkan hasil yang didapat, ada perbedaan dari jenis CGA antara CGA-MBS dan CGA-MAPEI, penambahan dosis CGA (100 – 400) ppm nilai kuat tekan mortar CGA-MAPEI lebih tinggi dibandingkan GCA-MBS, akan tetapi pada penambahan dosis 500 ppm nilai kuat tekan CGA-MAPEI masih dibawah nilai kuat tekan CGA-MBS. Berdasarkan nilai rata-rata dari kedua jenis CGA, ada perbedaan yaitu hasil nilai rata-rata dari kedua jenis CGA, yakni di umur 3 hari CGA-MBS 187,8 kg/cm² sedangkan CGA-MAPEI 194 kg/cm², dan di umur 7 hari CGA-MBS 233 kg/cm² sedangkan CGA-MAPEI 235,5 kg/cm².

REFERENCES

- Anggraini, L. E., & Sari, N. I. (2017). PERBANDINGAN PENENTUAN KADAR AIR CEMENT GRINDING AID DENGAN METODE GRAVIMETRI DAN FT-IR. In *Laporan Praktik Kerja Lapangan* (pp. 31-32). Depok: Fakultas MIPA Universitas Indonesia.
- Anugerah Nan Agung, & Safaruddin. (2023). PERAWATAN PADA MESIN BELT BUCKET ELEVATOR 51BE45 DI PT SEMEN BATURAJA (PERSERO) TBK MELALUI HASIL VIBRASI. *PARADIGM : Journal Of Multidisciplinary Research and Innovation*, 1(02), 68–76. <https://doi.org/10.62668/paradigm.v1i02.754>
- Artati, N. (2016). ANALISIS PENGARUH GRINDING AID HI 2822 N DAN 702 A TERHADAP KUALITAS SEMEN DI PT. HOLCIM INDONESIA Tbk. *ITEKS (Intuisi Teknologi Dan Seni)*, VIII(1), 102-111.
- Edo Prasetyo, Josua Sidauruk, & Safaruddin. (2023). ANALISIS KERJA GRATE COOLER PADA PROSES PRODUKSI SEMEN PADA PT SEMEN BATURAJA Tbk. *PARADIGM : Journal Of Multidisciplinary Research and Innovation*, 1(02), 85–93. <https://doi.org/10.62668/paradigm.v1i02.757>

- Idwan, I., & Abdullah, R. (2022). PERENCANAAN TEBAL PERKERASAN LENTUR JALAN DENGAN METODE AASHTO 1993. *PARADIGM : Journal Of Multidisciplinary Research and Innovation*, 1(01), 36–45. <https://doi.org/10.62668/paradigm.v1i01.376>
- Istighfar, I., Kurniawandy, A., & Ermiyati. (2014). ANALISA PERBANDINGAN KUAT TEKAN BETON SEMEN PCC DAN SEMEN TIPE 1 TERHADAP PEMAKAIAN SIKAMENT NN. Riau: Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Riau.
- Josua Sidauruk, & Safaruddin. (2023). MENGHITUNG EFISIENSI TERMAL PADA ALAT VERTICAL CEMENT MILL PABRIK II PT SEMEN BATURAJA TBK. *PARADIGM : Journal Of Multidisciplinary Research and Innovation*, 1(02), 77–84. <https://doi.org/10.62668/paradigm.v1i02.756>
- Lasino, Rachman, D., & Sugiharto, B. (2012). KAJIAN PENGGUNAAN SEMEN PORTLAN KOMPOSIT UNTUK BETON. *Jurnal Teknologi Bahan dan Barang Teknik*, 11(2), 41-50.
- Maghipiroh, A., Iskandar, D., anaser, N., & tohir, S. (2023). PENGARUH PENAMBAHAN FLY ASH TERHADAP KUALITAS SEMEN DI PT SEMEN BATURAJA. *Tbk. DE FACTO : Journal Of International Multidisciplinary Science*, 1(02), 96–110. <https://doi.org/10.62668/defacto.v1i02.786>
- Mapei. (2008). GRINDING AIDS FOR HIGH PERFORMANCE CEMENTS. Milan: MAPEI Cement Additives Division.
- Marsden, W. (2014). ANALISIS STRUKTUR, PERILAKU DAN KINERJA INDUSTRI SEMEN DI INDONESIA. In *Skripsi* (p. 1). Malang: FEBI Universitas Brawijaya.
- Mawardi, Nofrita, R., & Kuniawaty, D. (2012). KARAKTERISTIK UJI BLAINE, KONSISTENSI NORMAL DAN WAKTU PENGIKATAN SEMEN YANG MENGGUNAKAN TANAH NAPA SEBAGAI BAHAN ADIKTIF. *Chemistry Journal of State University of Padang*, 1(1), 35-37.
- Mustaqim, A. (2014). PENGARUH PENGGUNAAN SEMEN PCC (PORTLAND COMPOSITE CEMENT) PADA FAS 0,4 TERHADAP LAJU PENINGKATAN MUTU BETON. *Jurnal Scaffolding FT Unnes*, 11(1).

- Osyellah Indar Parawansya, & Safaruddin. (2023). VERIFIKASI METODE PENENTUAN KADAR SO₃ TERHADAP WAKTU PENGENDAPAN DALAM SEMEN DI PT. SEMEN BATURAJA. *DE FACTO : Journal Of International Multidisciplinary Science*, 1(02), 111–119. <https://doi.org/10.62668/defacto.v1i02.782>
- Pentachem. (2018). CEMENT GRINDING AIDS: CEMENT PERFORMANCE ENHANCER (CPE). Indonesia: Penta Chemicals Indonesia.
- PT Semen Baturaja Tbk. (2020). INSTRUKSI KERJA, PENGUJIAN SEMEN. In *A IK 211000-03* (pp. 40-43). PT Semen Baturaja.
- PT. SEMEN BATURAJA Tbk. (2023). PROFIL PERUSAHAAN. (PT SEMEN BATURAJA Tbk) Retrieved 2023 8, 2023, from <https://semenbaturaja.co.id/>
- Putri, F. A., Amri, H., & Suryani, L. (2020). RIVIEW INDUSTRI SEMEN. Padang: Fakultas MIPA Universitas Padang.
- Rama Wijaya, Indah Purnamasari, Abraham Abimanyu Kristiyono Putro, & Safaruddin. (2023). EVALUASI KINERJA ALAT CALCINER DITINJAU DARI EFESIENSI THERMAL DAN EMISI GAS CO₂ DI PABRIK II PT SEMEN BATURAJA Tbk. *DE FACTO : Journal Of International Multidisciplinary Science*, 1(02), 51–62. <https://doi.org/10.62668/defacto.v1i02.476>
- Sari, D. S., & Sundari, S. (2020). PEMANFAATAN LIMBAH FLY ASH DARI PEMBAKARAN BATUBARA PADA PEMBUATAN SEMEN PCC (PORTLAND Composite Cement) di PT Semen XYZ Lampung. In *Laporan Kerja Praktik* (pp. 100-105). Bandar Lampung: Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Tulang Bawang.
- Tri Astika. (2023). ANALISIS KADAR LOGAM BERAT TIMBAL PADA GARAM KONSUMSI MENGGUNAKAN METODE SPEKTROFOTOMETRI SERAPAN ATOM (SSA). *PARADIGM : Journal Of Multidisciplinary Research and Innovation*, 1(02), 94–98. <https://doi.org/10.62668/paradigm.v1i02.758>
- Ulliyah, M. R. . (2024). ANALISIS KANDUNGAN LOGAM HG (MERCURY) PADA AIR SUNGAI MENGGUNAKAN METODE SPEKTROFOTOMETRI SERAPAN ATOM (SSA). *DE FACTO : Journal Of International Multidisciplinary Science*, 2(1), 01–10. <https://doi.org/10.62668/defacto.v2i1.1021>

- Yanita, R. (2020). SEMEN PCC SEBAGAI MATERIAL GREEN CONSTRUCTION DAN KINERJA BETON YANG DIHASILKAN. *Jurnal Sains dan Teknologi*, XIX(1), 13-18.
- Yusuf, Y., Zuki, Z., & Refnita, G. (2013). PENGARUH PENAMBAHAN ABU TERBANG (FLY ASH) TERHADAP KUAT TEKAN MORTAR SEMEN TIPE PCC SERTA ANALISIS AIR LAUT YANG DIGUNAKAN UNTUK PERENDAMAN. *Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung*. Padang.