

## Pengaruh Konsentrasi Asam Sitrat dan Sukrosa sebagai Retarder terhadap Sifat Mekanis dan morfologi pada *Low Cement Castable*

## Effects of Citric Acid and Sucrose Concentrations as Retarders on Mechanical Properties and morphology of Low Cement Castable

Elvi Kustiyah<sup>1\*</sup>, Diah Novitasari<sup>1</sup>, Laras Andria Wardani<sup>1</sup>, Haudi Hasaya<sup>2</sup>, Murwan Widianoro<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Teknik Kimia Universitas Bhayangkara Jakarta Raya, Bekasi - Indonesia

<sup>2</sup>Teknik Lingkungan Universitas Bhayangkara Jakarta Raya, Bekasi - Indonesia

Email: [Elvikustiyah@gmail.com](mailto:Elvikustiyah@gmail.com)

### Abstrak

Aditif *retarder* pada aplikasi *Low Castable cement* memiliki fungsi untuk memperlambat waktu pengerasan pada campuran semen, dengan penambahan waktu pengerasan ini akan mempermudah proses pencetakan material refraktori. Aplikasinya material refraktori ini sebagai material pengaman pada sistem pembakaran dengan suhu sangat tinggi seperti alat *furnace, kiln, tundish, ladle* dan sebagainya. Karakterisasi bahan refraktori ini meliputi *setting time, flowability, modulus of rupture* dan porositas material dengan menggunakan *scanning electron magnetic (SEM)* pada *low castable cement* dengan variabel konsentrasi retarder. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan membandingkan aktifitas dua jenis retarder yaitu sukrosa dan asam sitrat pada terhadap *low cement castable* dengan konsentrasi retarder 0,01%, 0,02%, 0,03% dan 0,04% berat kemudian dilakukan karakterisasi. Metode karakterisasi ini mengikuti *ASTM C.494, Standard Specification for Chemical Admixture for Concrete* sebagai acuan standard penentuan langkah karakterisasi. Dari penelitian untuk nilai *setting time* dengan penambahan sukrosa dan asam sitrat sebesar 60-70 menit, sedangkan target yang diharapkan adalah 60-120 menit, sehingga hasil *setting time* keduanya diterima. Pengujian *flowability* pada penambahan sukrosa nilainya sekitar 210-260. Selanjutnya karakterisasi mikro dilakukan dengan menggunakan *Scanning Electron Magnetic (SEM)*. Dari Hasil SEM menunjukkan pada penambahan sukrosa memberikan hasil porositas yang lebih banyak dibandingkan dengan penambahan asam sitrat.

**Kata Kunci:** retarder, asam sitrat, sukrosa, castable semen

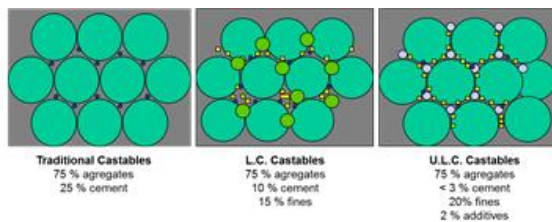
### Abstract

*Additive retarder in low castable cement application will extend curing time in cement mixture. The purpose of retarder addition was to improve refractory material production due to extended curing time. Refractory materials are used as safety material in high temperature combustion system, such as furnace, kiln, etc. This research analysed the effect of retarder addition to setting time, flowability, modulus of rupture (MOR) and porosity of refractory material in low castable cement application with retarder concentration variables. The method used in this research was comparing two types of retarder, i.e. sucrose and citric acid. Retarder was added to low cement castable with concentration of 0,01%, 0,02%, 0,03% dan 0,04% by weight and then mixed until homogenous. Characterization was conducted to observe setting time, flowability, MOR, and micro analysis by using Scanning Electron Microscope (SEM). Characterization was conducted according to ASTM C.494, Standard Specification for Chemical Admixture for Concrete. Setting time by sucrose and citric acid addition was 60-70 minutes, the expected target was 60-120 minutes, so setting time from both additives was acceptable. Flowability by sucrose and citric acid addition was 205-245 while the expected result was 210-260. Micro characterization result by using SEM indicated sucrose addition gave bigger porosity than citric acid addition, so the material solidity was better with citric acid addition*

**Keyword :** retarder, citric acid, sucrose, low\_castable\_cement

## 1. PENDAHULUAN

*Castable cement* adalah bahan sejenis semen cor atau semen tahan api yang beberapa aplikasi teknis karena ketahanan panasnya yang tinggi. Pengaplikasian *castable cement* biasa digunakan sebagai spesialis pemasangan pada bahan lapisan *Boiler Furnace, Industrial Furnace, Kiln, Incinerators*, maupun keperluan cor tahan api umum lainnya. Sifat Castable tahan api sangat tergantung pada agregat tahan api yang dipilih dan sement hidrolik yang digunakan. Agregat merupakan komponen utama dari badan keramik. Castable semen memiliki 3 jenis perbedaan bahan yaitu *Conventional Castable, Low Cement Castable* dan *Ultra Low Cemen Castable* dengan karakteristik seperti terlihat di Gambar 1. (B. R. Miccioli and P. T. B. Shaffer, 1964).



Gambar 1. Perbandingan 3 jenis *low castable cement*

Dalam hal tingkat aplikasi *castable cement* sebagai material refraktori memberikan pengaturan dan pengerasan dengan cepat pada suhu kamar, selain fleksibilitas dan biaya yang lebih rendah. Hal inilah yang membuat industri tertarik untuk mengaplikasikannya. (Abou-Sekkina et al., 2011); (Soltan et al., 2015). *Castable cement* memiliki fungsi utama dari material refraktori ini yaitu untuk melindungi dinding dari suhu yang sangat tinggi sehingga kehilangan panas baik panas konveksi, konduksi dan radiasi mampu dikurangi atau dengan kata lain sebagai isolator panas (K. M. Bahan, and P. P. Tio, 2017).

*Low-cement castables* konvensional yang terbuat dari bauksit terkalsinasi, ferrochrome slag, dan mikrosilika menunjukkan sifat fisik, mekanik, dan termal yang baik (Kumar et al., 2014a, 2014b). Hal ini mendorong pemanfaatan *castable cement* sebagai isolator. Kebutuhan isolator selain untuk mengurangi kehilangan panas juga untuk menambah umur *furnace*, karena selama *furnaces* beroperasi, dinding *furnace* mendapatkan beban dan gangguan panas sehingga menyebabkan umur refraktori akan lebih cepat mengalami penurunan fungsi sampai rusak sebelum waktunya. Penentuan material dan jenis refraktori harus memperhatikan gangguan dan jenis beban yang akan diperoleh oleh material refraktori. Pada umumnya sumber beban pada material refraktori adalah *thermal stress, mechanical stress* dan pengaruh kimia (Y. Luo et al., 2020).

Untuk memperpanjang umur dan mengurangi kerusakan, *Low-castable cement* diperlukan

penambahan *additif retarder* yang bersifat menghambat pengikatan sehingga masih ada waktu menuang sampai terbentuk cetakan yang diinginkan. Selain *additif retarder* beberapa *additif* juga perlu ditambahkan untuk mendapatkan sifat yang sesuai standar, campuran ini disebut *admixture* yaitu diartikan sebagai suatu material yang ditambahkan dengan *low castable cement* selama pengadukan berlangsung (M. Cabinets et al., 2010). Bahan *additif* yang ditambahkan ini mampu merubah karakteristik dan sifat dari *low castable cement* dengan tujuan agar pengolahan *low castable cement* menjadi lebih mudah dan mampu mengurangi biaya produksi.

Retarder adalah bahan yang bermanfaat untuk memperlambat durasi pengikatan pada beton maupun gypsum. Retarder juga berfungsi untuk memperlambat reaksi hidrasi dan mencegah hilangnya kemampuan kerja dengan cepat. Secara umum, retarder memberikan dua efek pada hidrasi semen yaitu memperpanjang periode induksi dan mengurangi reaksi hidrasi laju pada periode percepatan (J. Cheung et al., 2011). Efek ini didasarkan pada dua hipotesis berikut (J. Cheung et al., 2011); (M. Bishop dan A.R. Barron, 2006); (J.F. Young, 1972), yaitu: (1) retarder dapat teradsorpsi pada permukaan partikel semen mengurangi laju disolusi; (2) retarder dapat meracuni nukleasi dan pertumbuhan CH dan C-S-H gel. Retarder yang sering digunakan adalah lignosulfonat, karbohidrat (misalnya, sukrosa, glukosa, dan glukonat, asam sitrat, asam tartarat, garam asam karboksilat terhidroksilasi, dan boraks dll (J. Cheung et al., 2011).

Retarder secara umum berbasis material yang mengandung gula, dengan mekanismenya prosesnya yaitu melapisi *low castable cement* dengan gugus OH- sehingga memperlambat reaksi. Produk sampingan dari gula terbukti sebagai campuran untuk semen Portland yang secara efektif menghambat hidrasi semen dan juga meningkatkan kemampuan kerja dan harganya yang sangat rendah (H. Li et al., 2015); (A. Jumadurdyev et al., 2005); (K. Rashid et al., 2019); (L. Weifeng et al., 2014). Konsentrasi ion Ca akan berkurang dan diiringi juga dengan melambatnya kristalisasi selama fase hidrasi jika terjadi pembentukan garam Ca dalam air (A. Desmi, 2017). Selain material yang berbasis gula, retarder lain yang biasa digunakan adalah material yang berbasis asam sitrat sebagaimana retarder yang dipakai di gipsum, alumina phophat (T. Sugama, 2006)(K. Dong, X, 2012).

Karakterisasi produk dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat *setting time*, sifat alir atau *flowability* dan *modulus of rupture* (MOR). *Setting time* adalah waktu yang dibutuhkan oleh *low castable cement* oleh menjadi *setting (hardening)*, menurut penelitian Dong et al semakin besar *setting time* akan mengurangi kekuatannya, sehingga terdapat optimasi waktu yang dibatasi oleh waktu pengerjaan dan kekuatannya (K. Dong et al., 2012) (Y. Zhang et al, 2020). Pengujian *Flowability* untuk mengetahui waktu

dan kemampuan bahan dalam menyebar ke seluruh cetakan. (A. P. Silva et al., 2012). Scanning Electron Magnetic (SEM) adalah alat yang digunakan untuk mengetahui kepadatan atau porositas bahan dengan adanya penahan retarder (G. Camarini et al., 2016).

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan antara asam sitrat dan sukrosa sebagai retarder pada low castable cement dalam produk refraktori. Pengujian terhadap setting time yang merupakan petunjuk pengerasan low castable semen, flowability yaitu sifat mengalir bahan memenuhi cetakan serta modulus of rupture atau tingkat kekuatan low castable semen bahan refraktori. Untuk melakukan verifikasi dari pengujian tersebut dilakukan uji micro yaitu dengan menggunakan uji SEM untuk melihat kepadatan material dalam skala micron.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1. Bahan Baku

Dalam penelitian ini, bahan yang digunakan adalah Bauksit alumina sebagai agregat dan Calcined bauxite rotary sebagai serbuk halus, purusite Andalusite dan Kerphalite, grade alumina terkalsinasi NSR-03, Silika fume, dan dispersant. Asam sitrat dan sukrosa dengan persentase retarder bervariasi sebagai 0,01, 0,02, 0,03, 0,04% berat formulasi low castable cementnya.

### 2.2. Alat yang digunakan

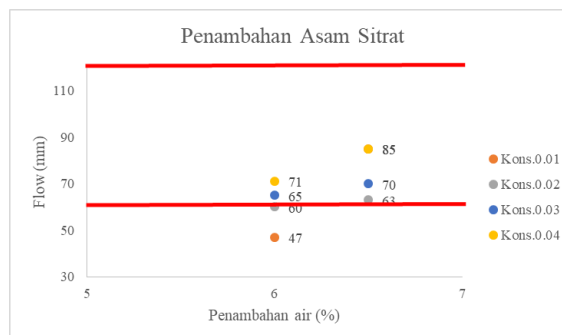
Pada penelitian ini digunakan alat-alat antara lain, Timbangan analitik, Gelas ukur, Erlemeyer, Gelas ukur, Mixer, Vibrating table, Cone diameter 100 cm, Stop watch, Flexural strength machine, Cold crushing strength machine, Induction Furnace 1500 °C, Curing chamber T=20°C & RH 95%

### 2.3. Metode Penelitian

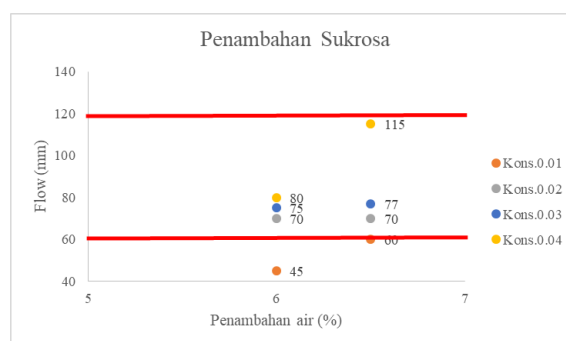
Persiapan formulasi material refraktori, kemudian melakukan sintesa dengan mencampur dengan mixer dengan kecepatan 30 rpm selama 30 detik. Tambahkan air sebanyak 6% dari total berat kemudian aduk selama 30 detik dan homogenisasi selama 5 menit. Selanjutnya adukan diproses dengan molding dan digetarkan dengan amplitude 0,6-0,8 selama 5 menit. mencetak sampel dengan molding pada suhu 20oC dan kelembapan 95% selama 24 jam, selanjutnya mengeringkan sampel pada 110°C selama 24 jam. Selanjutnya dilakukan karakterisasi dengan menguji setting time dan flowability dan selanjutnya dilakukan pemanasan pada suhu 1500oC. Selanjutnya dilakukan Cold Crushing strength menggunakan torse strength Hualong Machine dan modulus of rupture menggunakan Flexural strength 300 KN machine

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Pengujian Sifat Setting time



Gambar 1. Pengaruh penambahan retarder asam sitrat terhadap setting time



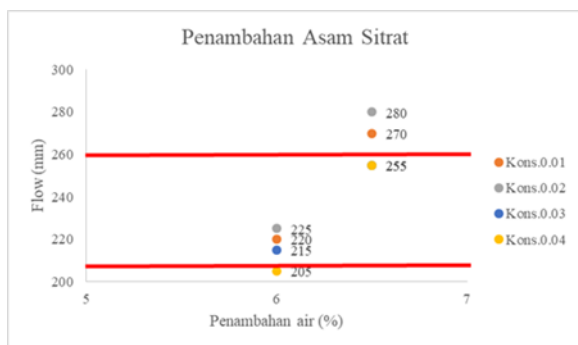
Gambar 2. Pengaruh penambahan retarder terhadap setting time sukrosa

Gambar 1 dan 2 menunjukkan hasil setting time terhadap penambahan asam sitrat dan sukrosa sebagai agent retarder, Semakin tinggi konsentrasi retarder yang ditambahkan maka setting time yang terjadi akan semakin lama, hal itu dikarenakan retarder memiliki fungsi memperlambat waktu setting awal adalah dengan memecah senyawa hasil reaksi hidrasi pada campuran semen berupa kalsium hidroksida menjadi OH dan garam kalsium. Retarder akan membungkus butir semen dengan OH sehingga memperlambat reaksi awal dari hidrasi. Terbentuknya garam Ca dalam air akan memperlambat kristalisasi selama fase hidrasi (M. Asyhadi and L. Herlina, 2019).

Asam sitrat konsentrasi 0.02 % diperoleh setting time 60 – 70 menit, sedangkan Sukrosa dengan konsentrasi yang sama memberikan setting time diperoleh setting time yang sama yaitu sekitar 60-70 menit, dimana untuk kedua variabel tersebut dilihat pada penambahan air sebanyak 6%. Nilai standar ini diperoleh dari nilai yang sudah ditetapkan oleh perusahaan berdasarkan nilai riset internal perusahaan. Settling time standar yang sudah ditentukan sebelumnya ditetapkan sebesar yang diharapkan 60-120 menit sehingga dengan penambahan asam sitrat dan sukrosa memberikan hasil yang masih masuk standard yang diijinkan.

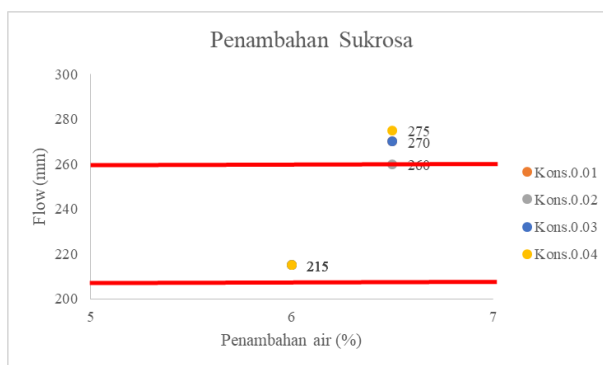
### 3.2. Pengujian sifat *flowability*

*Flowability* suatu castable adalah kemampuan massa castable untuk bergerak untuk mencapai suatu luasan tertentu dengan getaran amplitude tertentu dan dalam waktu tertentu pula. dalam penelitian ini kemampuan mengalir yang ideal tercapai jika mengalir dalam jarak 210 – 260 mm. Nilai standard ini diperoleh dari nilai yang sudah ditetapkan oleh perusahaan berdasarkan nilai riset internal perusahaan.



Gambar 3. Pengaruh penambahan retarder asam sitrat terhadap *flowability* low castable cement

Gambar. 3 Menunjukkan hasil penambahan asam sitrat terhadap sifat *flowability*. Semakin tinggi konsentrasi *retarder* asam sitrat memberikan pengaruh kenaikan nilai *flowability*, hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh G.Zhang et al tahun 2016 yang melakukan penelitian pengaruh admixture terhadap kuat beton bahwa penambahan retarder memberikan pengaruh yang lebih baik karena mampu menambah sifat pendistribusikan partikel-partikel lebih merata (G. Zhang et al., 2016). Hal ini terjadi karena pada penambahan asam sitrat terdapat gugus asam karboksilat dan dapat berikatan kompleks dengan kalsium, sehingga terbentuk rantai kalsium sitrat yang bersifat hidrofobik pada permukaan butiran semen sehingga dapat berfungsi untuk memperlambat hidrasi (Y. Hu et al., 2017)



Gambar 4. Pengaruh penambahan retarder Sukrosa terhadap *flowability*

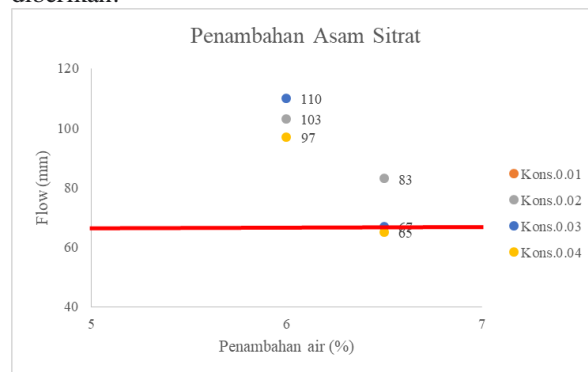
Gambar.4 Menunjukkan hasil dengan penambahan *sukrose* terhadap *flowability* low castable cement. Semakin tinggi konsentrasi *retarder* sukrose

memberikan pengaruh kenaikan nilai *flowability* tetapi nilai tersebut masih kurang signifikan dikarenakan pada konsentrasi sukrosa tertinggi yaitu 0,04% nilai *flowability* masih masuk range yaitu 210-260 mm pada nilai konstrasi H<sub>2</sub>O 6%,

Konsentrasi air mempengaruhi hasil *flowability* jika dilihat dari data-data di atas, untuk konsentrasi H<sub>2</sub>O di atas 6% nilai *flowability* sudah tidak bisa di terima atau melebihi ambang batas yang diijinkan sehingga dapat ditentukan konsentrasi H<sub>2</sub>O terbaiknya adalah 6%, tetapi konsentrasi retarder tidak mempengaruhi nilai *flowability*.n nilai nilai *flowability* diluar nilai sandar yang diijinkan.

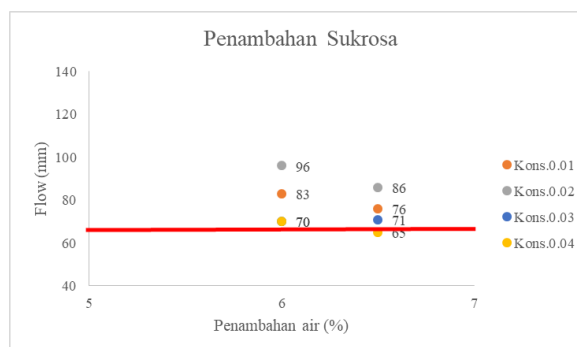
### 3.3. Pengujian Modulus of rupture

*Modulus of rupture* merupakan maksimal dari kelenturan yang terjadi pada struktur sebelum mengalami kerusakan oleh adanya beban yang diberikan.



Gambar 5. Pengaruh penambahan retarder terhadap *Modulus of rupture* asam sitrat

Pada Gambar 5 menunjukkan penambahan konsentrasi retarder asam sitrat terhadap MOR pada suhu pengujian 110°C, hasilnya adalah nilai modulus rupturennya masih masuk dalam spesifikasi yang diijinkan yaitu minimum 65 -120 kgf/cm<sup>2</sup> Nilai standard ini diperoleh dari nilai yang sudah ditetapkan oleh perusahaan berdasarkan nilai riset internal perusahaan.

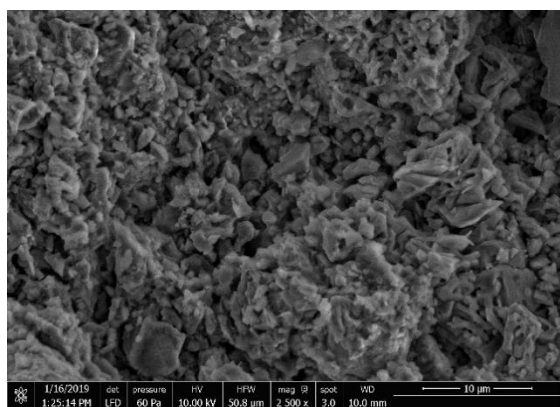


Gambar 6. Pengaruh penambahan retarder terhadap *Modulus of rupture* Sukrosa

Gambar.6 menunjukkan penambahan konsentrasi retarder terhadap Modulus of rupture pada suhu pengujian 110°C masih masuk atas spesifikasi yang diijinkan minimum 65 -120 kgf/cm<sup>2</sup>.

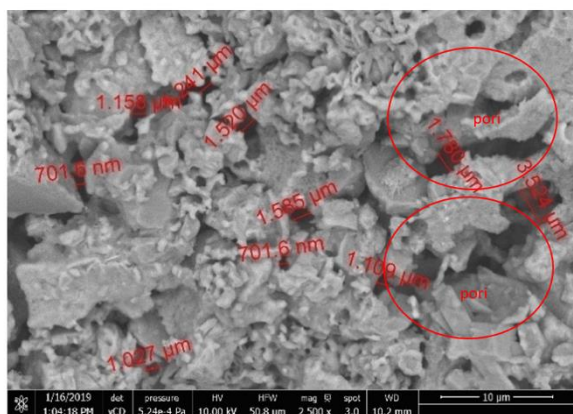
Semakin tinggi konsentrasi retarder yang ditambahkan ada kecenderungan kekerasan Modulus of rupture terlihat semakin meningkat. Kekerasan MOR pada 110°C yang optimum didapatkan dari penambahan beberapa retarder. asam sitrat konsentrasi 0,01% - 0,04% diperoleh nilai *Modulus Of rupture* 97 – 110 kgf/cm<sup>2</sup>, Sukrosa diperoleh kekerasan ideal 71 – 96 kgf/cm<sup>2</sup>.

### 3.4. Morfologi Low Cement Castable



Gambar 7. Pengaruh penambahan retarder berbasis sukrosa sebanyak 0,04% terhadap morfologi komposit

Pada Gambar 7. Hubungan antara penambahan retarder sukrosa 0,04% terhadap pori yang lebih kecil dan penurunan koefisien permeabilitas, hal tersebut dikarenakan kandungan lignin yang terdapat dalam sukrosa membantukan proses perlekatan antar partikel sehingga material refraktori ini menjadi lebih padat atau pori antar partikel mengecil, hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Harapan.R.,H. tahun 2011 yang telah mempelajari pengaruh penambahan gula terhadap porositas beton (Harahap, 2011).



Gambar 8. Pengaruh penambahan asam sitrat asam sitrat terhadap morfologi komposit

Pada Gambar 8 menunjukkan perubahan struktur mikro komposit dan morfologi akibat adanya penambahan asam sitrat. Pada komposit dengan penambahan asam sitrat ini membentuk susunan celah-celah yang digambarkan dalam lingkaran merah dalam gambar 8, hal itu kemungkinan suasana dalam low castable cement menjadi asam dan memungkinkan beberapa unsur kimia bereaksi dengan asam (J. G. Herianto et al, 2016), hal ini juga mempengaruhi sifat mekanis dari semen yang terbentuk, dengan munculnya pori yang besar dan banyak menyebabkan material berpori dan menurunkan sifat mekanis (T. Sugama, 2006) (L. B. Consonni et al., 2019).

## 4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini ditinjau dari dua aspek yaitu aspek sifat mekanis dan sifat morfologinya. Sifat mekanis meliputi *setting time*, *flowability test* dan *modulus of rupture*. Pada variabel yang ditentukan pada penelitian ini nilai kedua retarder memberikan hasil yang masih sesuai standar yang sebelumnya sudah ditentukan perusahaan. Sedangkan dari segi morfologi *low castable semen* dengan dua retarder, sedangkan dari sisi morfologi struktur mikro komposit dengan penambahan asam sitrat memberikan pori yang lebih besar dan lebih banyak, sehingga hal ini memungkinkan sifat mekanis akan cenderung menurun karena kerapatan material kecil.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abou-Sekkina, M.M., Abo-El-Enein, S.A., Khalil, N.M., Shalma, O.A., 2011. Phase composition of bauxite-based refractory castables. *Ceram. Int.* 37, 411e418.
- A. Desmi, "Analisis Penggunaan Gula Pasir Sebagai Retarder Pada Beton," *Teras J.*, vol. 4, no. 2, pp. 58–67, 2017, doi: 10.29103/tj.v4i2.24https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2010.08.033.
- A. Jumadurdiyev et al., The utilization of beet molasses as a retarding and water-reducing admixture for concrete, *Cem. Concr. Res.* 35 (5) (2005) 874– 882.
- A. P. Silva, A. M. Segadães, D. G. Pinto, L. A. Oliveira, and T. C. Devezas, "Effect of particle size distribution and calcium aluminate cement on the rheological behaviour of all-alumina refractory castables," *Powder Technol.*, vol. 226, pp. 107–113, 2012, doi: 10.1016/j.powtec.2012.04.028
- B. R. Miccioli and P. T. B. Shaffer, "High-Temperature Thermal Expansion Behavior of Refractory Materials: I, Selected Monocarbides and Binary Carbides," *J. Am. Ceram. Soc.*, vol. 47, no. 7, pp. 351–356, 1964, doi: 10.1111/j.1151-2916.1964.tb13000.x.
- G. Camarini, M. C. C. Pinto, A. G. de Moura, and N. R. Manzo, "Effect of citric acid on properties

- of recycled gypsum plaster to building components,” *Constr. Build. Mater.*, vol. 124, pp. 383–390, 2016, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2016.07.112.
- G. Zhang, G. Li, and Y. Li, “Effects of superplasticizers and retarders on the fluidity and strength of sulphoaluminate cement,” *Constr. Build. Mater.*, vol. 126, pp. 44–54, 2016, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2016.09.019.
- Harahap, Rakhmita Hidayanti. 2011. “Pengaruh limbah pabrik gula molase sebagai bahan tambah (admixture) kuat tekan beton K-175 dengan menggunakan pasir lokal pasir Jobang” Rakhmita Hidayanti Harahap, Nim I 0107128. P. Jurusan, T. Sipil, F. Teknik, and U. S. Maret, 2011.
- H. Li et al., Sustainable resource opportunity for cane molasses: use of cane molasses as a grinding aid in the production of Portland cement, *J. Cleaner Prod.* 93 (2015) 56–64.
- J. Cheung et al., Impact of admixtures on the hydration kinetics of Portland cement, *Cem. Concr. Res.* 41 (12) (2011) 1289–1309, <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2011.03.005>.
- J. G. Herianto, E. Anastasia, Antoni, and D. Hardjito, “Pengaruh Penambahan Larutan Asam Terhadap Setting Time dan Kuat Tekan Geopolimer Berbahan Dasar Fly Ash Tipe C,” *J. Dimens. Pratama Tek. Sipil*, vol. 6, no. 1, pp. 1–8, 2016, [Online]. Available: <http://studentjournal.petra.ac.id/index.php/teknik-sipil/article/view/4901/4509>.
- J.F. Young, A review of the mechanisms of set-retardation in portland cement pastes containing organic admixtures, *Cem. Concr. Res.* 2 (4) (1972) 415–433, [https://doi.org/10.1016/0008-8846\(72\)90057-9](https://doi.org/10.1016/0008-8846(72)90057-9).
- K. Dong, X. Guo, J. Xu, D. Yang, and F. Qiu, “Preparation, characterization and dye decolorization application of chitosan/polyurethane foam material,” *Polym. - Plast. Technol. Eng.*, vol. 51, no. 7, pp. 754–759, 2012, doi: 10.1080/03602559.2012.663044.
- K. M. Bahan, and P. P. Tio, “Karakterisasi Sifat Fisik dan Mekanik Bahan Refraktori  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Pengaruh Penambahan TiO<sub>2</sub>,” vol. 12, pp. 1–8, 2017.
- K. Rashid, S. Tariq, W. Shaukat, Attribution of molasses dosage on fresh and hardened performance of recycled aggregate concrete, *Constr. Build. Mater.* 197 (2019) 497–505.
- Kumar, P.H., Srivastava, A., Kumar, V., Majhi, M.R., Singh, V.K., 2014a. Implementation of industrial waste ferrochrome slag in conventional and low cement castables: effect of microsilica addition. *Journal of Asian Ceramic Societies* 2, 169e175. <https://doi.org/10.1016/j.jascers.2014.03.004>.
- Kumar, P.H., Srivastava, A., Kumar, V., Singh, V.K., 2014b. Implementation of industrial waste ferrochrome slag in conventional and low cement castables: effect of calcined alumina. *Journal of Asian Ceramic Societies* 2, 371e379. <https://doi.org/10.1016/j.jascers.2014.08.001>.
- L. B. Consonni, A. P. Luz, and V. C. Pandolfelli, “Binding additives with sintering action for high-alumina based castables,” *Ceram. Int.*, vol. 45, no. 12, pp. 15290–15297, 2019, doi: 10.1016/j.ceramint.2019.05.019
- L. Weifeng et al., Physical and chemical studies on cement containing sugarcane molasses, *J. Therm. Anal. Calorim.* 118 (1) (2014) 83–91.
- M. Bishop, A.R. Barron, Cement hydration inhibition with sucrose, tartaric acid, and lignosulfonate: analytical and spectroscopic study, *Ind. Eng. Chem. Res.* 45 (21) (2006) 7042–7049.
- M. Cabinets, M. Rooms, M. Method, C. Concrete, U. Column, and R. Materials, “Standard Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates 1,” vol. i, no. C, pp. 1–7, 2010.
- M. Umaru, M. I. Aris, A. M. Aliyu, and S. M. Munir, “a Comparative Study on the Refractory Properties of,” vol. 3, no. 1, pp. 393–398, 2012.
- M. Asyhadi and L. Herlina, “Pengaruh Persentase Retarder Terhadap Waktu Ikut Beton Geopolimer Berbasis Fly Ash Tipe C,” no. September, pp. 343–346, 2019. Soltan, A.M., Poellmann, H., Kaden, R., Ko€nig, A., Abd El-Raouf, F., Eltaher, M.,
- S Soltan, A.M., Poellmann, H., Kaden, R., Ko€nig, A., Abd El-Raouf, F., Eltaher, M., Serry, M., 2015. Degradation of aluminosilicate refractories: an integrated approach. *J. Eur. Ceram. Soc.* <https://doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2015.08.018>.
- T. Sugama, “Citric acid as a set retarder for calcium aluminate phosphate cements,” *Adv. Cem. Res.*, vol. 18, no. 2, pp. 47–57, 2006, doi: 10.1680/adcr.2006.18.2.47.
- Y. Hu et al., Influence of borax and citric acid on the hydration of calcium sulfoaluminate cement, *Chem. Pap.* 71 (10) (2017) 1909–1919, <https://doi.org/10.1007/s11696-017-0185-9>
- Y. Luo et al., “Research on thermal shock resistance of porous refractory material by strain-life fatigue approach,” *Ceram. Int.*, vol. 46, no. 10, pp. 14884–14893, 2020, doi: 10.1016/j.ceramint.2020.03.015.
- Y. Zhang, J. Yang, and X. Cao, “Effects of several retarders on setting time and strength of building gypsum,” *Constr. Build. Mater.*, vol. 240, p. 117927, 2020, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2019.117927.