

PENGARUH PENAMBAHAN GULA AREN TERHADAP SETTING TIME DAN KETAHANAN MORTAR TERHADAP TEMPERATUR TINGGI

Neri Puspita Sari

Dosen Jurusan Teknik Sipil Sekolah Tinggi Teknologi Pekanbaru

Corresponding author : neripuspitasari@gmail.com

Abstrak

Pengaruh penambahan gula aren terhadap ketahanan mortar yang akibat suhu tinggi 250°C, 500°C, 750°C selama 3 jam dengan menggunakan *furnace*. Pembuatan benda uji menggunakan mortar dengan ukuran sisi 5 cm. Pengujian dilakukan setelah mengalami perawatan kering pada suhu kamar selama 28 hari. *Setting time* dan kuat tekan menggunakan kadar gula aren 0%, 0.1%, 0.3% dan 0.5% dari berat semen. Kuat tekan yang tersisa setelah dipanaskan pada suhu 750°C untuk dosis gula aren 0%, 0.1%, 0.3% dan 0.5% adalah 39%, 58%, 54%, 51%. Dosis gula aren 0,1 % bersifat *retarder* dalam campuran pasta semen karena terjadi penundaan waktu ikat awal 5,12 x (495 menit) dibandingkan tanpa bahan tambah gula aren. Dosis gula aren 0,3 % dan 0,5 % cenderung bersifat *accelerator* karena waktu ikat awalnya lebih cepat dibandingkan tanpa bahan tambah gula yaitu 0,74 x (71,25 menit) dan 0,75 x (72,50 menit).

kata kunci : mortar, kuat tekan, gula aren

Abstract

Effect of addition of palm sugar to mortar resistance caused by high temperature 250°C, 500°C, 750°C for 3 hours using furnace. specimens use mortar with side size 5 cm. compression test after dry treatment at room temperature for 28 days. Setting time and compressive strength using dose of palm sugar 0%, 0.1%, 0.3% and 0.5% of cement weight. The remaining compressive strength after heating at 750°C for the dosage of palm sugar 0%, 0.1%, 0.3% and 0.5% are 39%, 58%, 54%, 51. Palm sugar dose 0.1% is retarder in cement paste mixture due to initial set delay of 5.12 x (495 min) compared with no added sugar. Palm sugar dose 0.3% and 0.5% tend to be accelerator because initial set faster than no added sugar ingredients that is 0.74 x (71.25 minutes) and 0.75 x (72.50 minutes).

keywords : mortar, compressive strength, palm sugar

PENDAHULUAN

Kebutuhan akan bahan bangunan meningkat sangat tajam dari tahun ketahun. Pemilihan bahan bangunan baik dari pemilihan bahan tambah dengan dosis yang tepat akan meningkatkan mutu bangunan. Untuk bangunan tahan api misalnya bangunan cerobong asap, bangunan tungku api, bangunan krematorium dan bangunan yang sering terkena panas tinggi harus didesain dengan menggunakan bahan-bahan khusus yang tahan api karena api merupakan elemen yang cukup berbahaya dalam mempengaruhi kinerja struktur bangunan. Kinerja mortar akan berkurang jika terpapar panas tinggi apalagi dalam waktu yang lama bahkan bisa mengakibatkan keruntuhan walaupun tidak secara tiba-tiba, tapi dari gejala yang diperlihatkan misalnya gejala retak-retak,

mengelupas dan perubahan warna dapat diketahui bahwa struktur tidak kuat menahan suhu tinggi.

Mortar adalah campuran pasta dengan agregat halus. Mortar dibuat dengan menggabungkan semen, air dan bahan pengisi seperti pasir. Komposisi semen diantaranya terbuat dari batu kapur dan tanah liat. Bereaksi dengan air membentuk pasta, pasta mengeras mengikat agregat bersama-sama untuk menghasilkan mortar keras. Proses pengerasan ini disebut proses hidrasi. Kegunaan mortar adalah sebagai pengikat bata pada bangunan, sebagai plasteran dinding bangunan, untuk pembuatan bangunan.

Mortar harus tahan terhadap penyerapan air serta kekuatan gesernya dapat memikul gaya-gaya yang

bekerja pada mortar tersebut. Jika penyerapan air pada mortar terlalu besar atau cepat maka mortar akan mengeras dengan cepat dan kehilangan ikatan adhesinya. Perlu diteliti berapa lama waktu yang dibutuhkan campuran semen dengan bahan tambah gula aren mengalami pengikatan awal (initial set) dan berapa lama pengikatan akhir (final set) dengan menggunakan alat vicat berdasarkan SNI-03-6827-2002.

Sifat mengikat semen berhubungan dengan waktu ikat semen, yaitu lamanya waktu yang diperlukan semen dari saat mulai bereaksi dengan air menjadi pasta semen yang cukup kaku menahan tekanan (Mulyono, 2003). Waktu ikat semen dibagi menjadi dua, yaitu waktu ikat awal dan waktu ikat akhir. Waktu ikat awal merupakan waktu dari pencampuran semen dengan air menjadi pasta semen sampai terjadi kehilangan sifat keplastisan. Waktu ikat akhir merupakan waktu terjadinya pasta semen sampai beton mengeras. Kekekalan pasta semen yang telah mengeras merupakan suatu ukuran dari kemampuan pengembangan dan mempertahankan volume setelah mengikat (Mulyono, 2003).

Penelitian terdahulu tentang gula telah banyak dilakukan. Penelitian-penelitian terdahulu (Susilorini, 2009; Susilorini, et. al., 2008; 2009; Etmawati dan Yuwono, 2008; Ganis dan Nugraha, 2008; Nikodemus dan Setiawan, 2008; Syaefudin dan Nugraha, 2008; Birru dan Windya, 2009; Aprilia dan Maulana, 2009) membuktikan bahwa pada dosis tertentu gula dapat mempercepat atau justru memperlambat waktu pengikatan semen dan pengerasan beton serta meningkatkan kinerja kuat tekan mortar dan beton. Suatu teori menunjukkan bahwa ketika campuran beton mengandung gula, molekul gula menempel pada semen yang mengalami proses hidrasi dan menghambat reaksi kimia yang terlibat didalamnya. Bahan mineral yang manis mengandung sukrosa, pada penelitian terdahulu telah membuktikan bahwa sukrosa dapat sebagai *retarder* maupun sebagai *accelerator* jika dicampurkan kedalam pasta semen.

Dalam bentuk kimianya gula aren termasuk jenis sukrosa (*disakarida*) yang bersifat liat dan lengket. Gula dapat digunakan sebagai bahan *aditif retarder*. *Retarder* berguna untuk *setting* waktu hidrasi yang lama. Menurut penelitian Jayakumaran (2005) Sukrosa memiliki kandungan 0,03 % - 0,15 % dari berat semen akan

memperlambat waktu pengikatan semen pada beton dan setelah 28 hari kekuatannya meningkat.

Pemilihan gula aren sebagai bahan tambah untuk keperluan bangunan tahan terhadap temperatur tinggi untuk memberikan gambaran efek suhu tinggi pada perilaku pada mortar tanpa penambahan gula aren dan mortar dengan penambahan gula aren. Gula aren ditambahkan pada saat pengadukan mortar dengan cara dilarutkan pada air campuran mortar. Penambahan gula aren diharapkan mampu memperbaiki dan menambah sifat mortar

Gula aren atau gula merah adalah pemanis yang dibuat dari nira yang berasal dari tandan bunga jantan pohon enau. Gula aren biasanya juga disosialisasikan dengan segala jenis gula yang dibuat dari nira, yaitu cairan yang dikeluarkan dari bunga pohon palma, seperti kelapa, aren, dan siwalan.

METODE PENELITIAN

a) Kuat Tekan Mortar

Penelitian ini dengan membuat mortar berbentuk kubus dengan panjang sisi 5 cm. Dengan dosis gula aren yang berbeda-beda untuk menemukan nilai optimum campuran mortar, persentase gula aren yang digunakan pada campuran mortar adalah 0 %, 0,1 %, 0,3 %, dan 0,5 % dari berat semen. Pengujian kuat tekan setelah perawatan kering pada suhu ruangan selama 28 hari dan pengujian kuat tekan dengan pemanasan pada temperatur 250 °C, 500 °C, dan 750 °C, lamanya waktu pemanasan adalah 3 jam.

Tujuan dari uji kuat tekan mortar adalah untuk mengetahui gaya maksimum persatuan luas yang bekerja pada benda uji mortar. Gaya maksimum adalah gaya yang bekerja pada saat benda uji kubus pecah. Untuk menghitung kuat tekan benda uji dengan rumus :

$$f'_m = \frac{P}{A}$$

Keterangan:

- f'_m = kuat tekan mortar, MPa
- P = gaya tekan maksimum, N
- A = luas penampang benda uji, mm²



Gambar 1. Pengujian kuat tekan



Gambar 2. Alat Vicat

b) *Time Of Setting Of Hydraulic Vicat Needle*

Test ini dimaksudkan untuk menentukan waktu pengikatan (*time off setting*) dengan penambahan gula aren 0 %, 0,1 %, 0,3 % dan 0,5 % dari berat semen. Tujuan penelitian untuk menentukan waktu yang diperlukan semen untuk mengeras, terhitung mulai bereaksi dengan air dan menjadi pasta semen (waktu ikat awal) hingga pasta semen cukup kaku untuk menahan tekanan (waktu ikat akhir).



Gambar 3. Jarum Vicat untuk pengujian waktu ikat awal

Ruang lingkup penelitian ini adalah :

- Pengujian Konsistensi Normal Semen adalah untuk menentukan persentase air yang dibutuhkan semen untuk melakukan proses hidrasi secara sempurna, yaitu sampai saat mortar mengeras. Kondisi sempurna terjadi ketika semen yang bercampur dengan air tidak mengalami kekurangan atau kelebihan kadar air. Berdasarkan ASTM C-195, pengujian dengan alat vicat diameter 10 mm, kadar air yang diinginkan adalah kadar air pada saat penurunan jarum 25 mm.
- Waktu ikat awal (*innitial setting time*) adalah waktu yang diperlukan oleh pasta semen untuk mengubah sifatnya dari kondisi cair menjadi padat. Ketentuan pengujian sesuai SNI 03-6827-2002.
- Waktu ikat akhir (*final setting time*) adalah waktu jarum penetrasi jarum vicat tidak terlihat secara visual. Ketentuan pengujian sesuai IS:4031-Part 5-1988.



Gambar 4. Jarum Vicat untuk pengujian waktu ikat akhir



Gambar 5. Cetakan benda uji (cincin ebonit)

Alat vicat sesuai standar ASTM C-91-82, seperti gambar 2., gambar 3., gambar 4., dan gambar 5. berikut ini:

HASIL DAN PEMBAHASAN

a) Hasil Pengujian Agregat Halus

Agregat halus berasal dari Sungai Kampar. Hasil pemeriksaan agregat halus dapat dilihat pada Tabel 1. Berat jenis yang digunakan dalam perencanaan *mix design* mortar adalah berat jenis dalam kondisi SSD. Dari hasil pemeriksaan berat jenis dalam kondisi SSD yaitu sebesar 2,63. Hasil ini memenuhi standar spesifikasi yaitu 2,58 - 2,86. Berat jenis digunakan untuk menentukan besarnya

volume yang akan diisi oleh agregat. Besarnya penyerapan agregat halus diperoleh sebesar 1,24%, tidak memenuhi standar *spesifikasi* yaitu 2,0%-7,0%. *Absorpsi* agregat mempengaruhi daya lekat antara agregat dan pasta semen, dengan demikian perlu mengurangi air untuk mempertahankan nilai fas. Kadar air agregat halus dalam penelitian ini adalah 1,85 %, nilai ini tidak memenuhi standar spesifikasi kadar air agregat halus 3 % -5 %. Kadar air mempengaruhi pengembangan volume agregat halus. Agregat halus berbutir halus mengalami pengembangan volume yang lebih besar dari pada agregat halus berbutir kasar. Besar pengembangan volume agregat halus tersebut dapat sampai 25 % atau 40 % pada kadar air sekitar 5 % s/d 8 % (Tjokrodiluljo, 1995).

Agregat halus yang diteliti termasuk dalam daerah gradasi II yaitu kategori pasir agak kasar serta memiliki modulus kehalusan (*fine modulus*) sebesar 2,95 yang memenuhi standar spesifikasi yaitu 1,5 - 3,8 (Neri, dkk, 2017).

Tabel 1. Hasil pemeriksaan karakteristi agregat halus

No	Pengujian	Satuan	Hasil
1	Berat volume		
	a. Kondisi padat	gr/cm ³	1.782
	b. Kondisi gembur	gr/cm ³	1.634
2	Berat jenis		
	a. <i>Apparent Specific Gravity</i>		2.68
	b. <i>Bulk Specific Gravity (Kering)</i>		2.60
	c. <i>Bulk Specific Gravity(SSD)</i>		2.63
	d. <i>Water Absorption</i>	%	1,24
3	<i>Fine modulus</i>		2,95
4	Kadar air	%	1,85
5	Kadar lumpur	%	4,49

Sumber: Nanda, dkk., 2005

b) Hasil Pengujian Gula Aren

Tabel 2. Hasil pemeriksaan gula aren

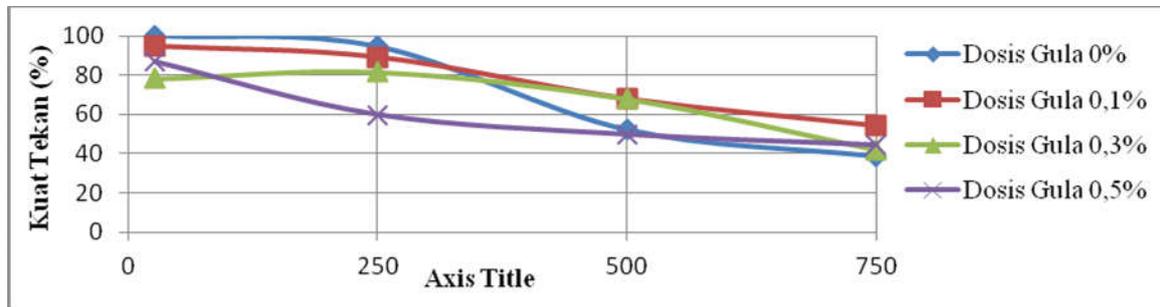
No	Karakteristik	Satuan	Hasil Uji Test	Syarat Mutu
1	Kadar Air	% b/b	8,78	Maks. 10,0
2	Sukrosa	% b/b	74,14	Maks. 77

Sumber: Nanda, dkk., 2005

Hasil pengujian gula aren sesuai dengan SNI 03-3743-1995. Kadar air dan sukrosa Dari hasil pengujian gula aren telah memenuhi standar mutu pengujian. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 2. Gula aren dalam penelitian ini mengandung sukrosa tinggi yaitu 74,14 % yang berbentuk padat dan air 8,78 %. Gula aren jika terkena panas akan mengalami fermentasi karena mengandung sukrosa tinggi (Neri, dkk, 2017).

Gula aren termasuk jenis Sukrosa. Sukrosa memiliki kandungan 0,03 % - 0,15 % dari berat semen akan memperlambat waktu pengikatan semen pada beton dan setelah 28 hari kekuatannya meningkat (Jayakumaran, 2005).

c) Hasil Pengujian Kuat Tekan



Gambar 6. % Kehilangan Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan mortar dilakukan pada umur 28 hari dengan perawatan kering. Perawatan basah atau dengan cara perendaman tidak bisa dilakukan karena permukaan mortar setelah dilepas dari cetakan masih basah. Perendaman merusak komposisi mortar sehingga proses hidrasi terganggu sehingga kuat tekan yang diinginkan tidak bisa tercapai.

Pada gambar 6. perbandingan persentase kuat tekannya berdasar dari persentase kuat tekan pada masing-masing dosis tanpa pemanasan. Pada penambahan dosis gula aren 0% kuat tekan menjadi 96 %, setelah dipanaskan suhu 250°C, pemanasan 500 °C dan 750 °C kuat tekannya turun signifikan menjadi 52 % dan 39 %.

Pada penambahan dosis gula aren 0,1 %, kuat tekan sisanya sebesar 94 % ketika dipanaskan pada temperatur 250°C penurunan kuat tekan yang tidak terlalu besar, pada pemanasan 500 °C kuat tekan sisa menjadi 72 % dan pemanasan pada suhu 750 °C kuat tekannya menurun signifikan menjadi 58%.

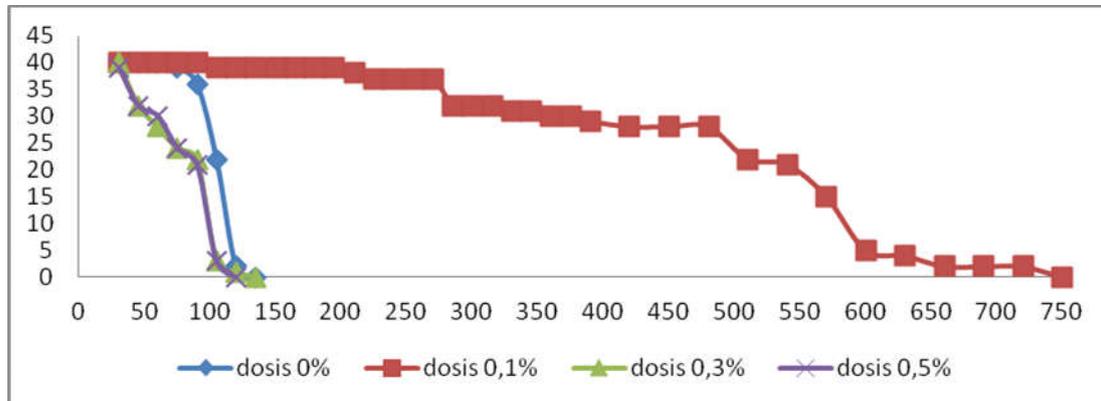
Pada dosis gula aren 0,3 % mengalami kenaikan kuat tekan pada pemanasan temperatur 250 °C, kenaikan mejadi 104% dibandingkan kuat tekan awal sebelum di *furnace*, ketika dipanaskan pada temperatur 500 °C kuat tekannya menjadi 87 %, dan ketika dipanaskan pada temperatur 750 °C kuat tekan sisanya 54%, menurun signifikan.

Pada penambahan dosis gula aren 0,5 % ketika dipanaskan pada temperatur 250 °C penurunan kuat tekan signifikan yaitu 69 %. Pemanasan 500 °C dan 750 °C kuat tekan menjadi 57 % dan 51%.

Bahan tambah berbasis gula pada dasarnya mengandung sukrosa, yaitu *disakarida* yang tersusun atas satuan – satuan *glukosa* dan *fruktosa*. Kandungan *glukosa*, *glukonat*, dan *lignosulfonat*, akan menstabilkan *ettringite* dalam sistem C3A-Gypsum. *Glukosa* akan menghambat konsumsi gypsum dan pembentukan *ettringite*. Terbentuknya *ettringite* ini akan menyebabkan volume beton mengembang sehingga membuat beton pecah. Pemberian bahan tambah berbasis gula pada campuran beton akan mengakibatkan ikatan antar elemen penyusun beton sangat kuat terutama karena kandungan *lignin*. Pada dosis bahan tambah berbasis gula yang tepat, *kristalisasi ettringite* tidak akan menyebabkan retak pada beton akibat pengembangan volume (Susilorini, dkk, 2008).

Pengaruh peningkatan suhu terhadap kekuatan beton tidak sampai signifikan sampai dengan 250 °C, namun diatas suhu 300 °C beton akan kehilangan kekuatan secara nyata. Pada suhu 400 °C beton keras akan terhidrasi kehilangan air dalam Ca(OH)_2 bebas, dan akan meninggalkan CaO (Susilorini dan Retno, 2011).

d) Hasil Pengujian Vicat



Gambar 6. Setting awal semen

Tabel 3. Waktu ikat semen variasi dosis gula aren

Pengujian	Dosis Gula Aren (%)			
	0	0,1	0,3	0,5
Initial Setting Time (menit)	96.67	495.00	71.25	72.50
Final Setting Time (menit)	240	3882	12600	15900
Initial set retarder/accelerator	1.00	5.12	0.74	0.75
final set retarder	1.00	16.18	52.50	66.25

Setelah pasta semen mengeras terjadi penyusutan akibat penambahan gula aren saat dilakukan uji vicat, penyusutan tinggi pasta dalam cincin ebonit setelah semen mengeras yaitu sebesar $\pm 1 - 2$ mm. Pasta semen tanpa gula aren tidak terlihat kehilangan tinggi setelah semen mengeras. Terjadi penundaan ikatan awal semen ketika ditambahkan gula aren karena setelah pengecoran 24 jam benda uji belum bisa di buka dari cetakan dan karena masih lembek dan basah, benda uji baru bisa dibuka dari cetakan setelah 48 jam (2 hari).

Perbandingan waktu ikat (*Setting time*), baik pada waktu ikat awal (*initial setting time*), maupun pada waktu ikat akhir (*final setting time*), digunakan untuk mengetahui pengaruh hubungan komposisi semen dengan penambahan gula aren terhadap waktu ikat.

Campuran pasta semen dengan fas 28 % yang didapat dari pengujian konsistensi normal semen. Hubungan antara waktu ikat (*time setting*) dan penetrasi campuran pasta semen dengan penambahan gula aren 0 %, 0,1 %, 0,3 % dan 0,5 % dari berat semen dengan fas 0,28 digambarkan

dalam bentuk grafik (gambar 6). Selanjutnya dilakukan interpolasi untuk mendapatkan waktu ikat awal yang diperoleh saat penurunan jarum penetrasi sebesar 25 mm. Dan waktu ikat akhir yang diperoleh saat penurunan jarum penetrasi sebesar 10 mm.

Waktu ikat awal pasta semen tanpa penambahan gula aren telah memenuhi standar SNI minimum 45 menit, sedangkan waktu ikat akhir maksimum 360 menit. Pada Tabel 3 dapat dilihat Waktu Ikut Semen dengan variasi dosis gula aren.

Pada Gambar 6. dapat terlihat perbedaan waktu ikat awal yang sangat mencolok pada penambahan gula aren dosis 0,1 %. Pada dosis 0,3 % dan 0,5 % setting awalnya lebih cepat. Dengan penambahan dosis gula aren 0,1 %, 0,3 % dan 0,5 % keuntungan dalam pematangan lebih mudah karena pasta menjadi lebih encer. Untuk penambahan dosis gula aren 0,3 % dan 0,5 % walaupun mortar menjadi encer tapi mortar lebih cepat mengering oleh sebab itu pengerjaan untuk pencetakannya harus cepat.

Gula aren mengandung sukrosa tinggi yang membuatnya mudah cair dan sulit menguap. Gula aren mempunyai kemampuan menyerap molekul air. Dosis gula aren 0,1 % menyebabkan pasta encer dan semen terserap dengan baik sehingga memperlambat waktu setting awal. Ketika dosis gula aren diperbesar semen akan cepat terserap air gula sehingga pasta lebih cepat kehilangan sifat plastis.

Penambahan gula aren mempengaruhi waktu setting akhir semen, dosis gula aren 0,1 % setting akhirnya lebih dari dua hari, dosis gula aren 0,3 % setting akhirnya hampir sembilan hari, dosis gula aren 0,5 % lebih 11 hari. Semakin tinggi dosis gula aren diberikan maka semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk setting akhir. Hal ini membuktikan penambahan gula aren menghambat proses hidrasi pada semen.

Gula aren termasuk jenis sukrosa (*disakarida*) yang bersifat liat dan lengket serta mempunyai sifat *higroskopis* dan mudah larut dalam air. *Higroskopis* dikenal sebagai kemampuan untuk menyerap dan menahan air. Pada suhu ruang (25 °C) sukrosa mampu menyerap 50 % – 60 % air (Mc Williams, 2001). Sedangkan semakin tinggi suhu, kelarutannya semakin besar. Kristal sukrosa bersifat stabil di udara terbuka dan dalam keadaan yang langsung berhubungan dengan udara dapat menyerap air sebanyak 1 % dari total berat dan akan dilepaskan kembali apabila dipanaskan pada suhu 90 °C (Sudarmadji, 1997).

Pada penelitian Akogu (2011), kadar gula 0,06 % dari berat semen dapat meningkatkan kuat tekan beton sebesar 3,62 % pada umur 28 hari dan menunda pengatur awal selama 1,556 jam (94 menit). Gula telah ditemukan untuk menunda pengatur semen (Medjo Eko dan Rikowski, 2001).

Penambahan gula dengan persentase tertentu akan memperlambat waktu ikatan adukan beton selama 1,5 – 4,5 jam, hampir semua benda uji yang mengandung gula dengan konsentrasi 0,05 % atau lebih hancur ketika dimasukkan kedalam air setelah satu hari di udara dan kekuatan pada umur 28 hari untuk kandungan gula 0,2 % atau lebih akan berkurang hingga mencapai angka nol di teliti oleh Fhalma, dkk, 2002

(Bazid, 2002 dan Yogesh, 2014) menjelaskan mekanisme setting semen dengan menggunakan bahan tambah *retarding* yaitu :

- *Adsorpsi*/pengendapan senyawa *retarding* pada permukaan partikel semen, membentuk pelindung kulit, yang memperlambat *hidrolisis*.
- *Adsorpsi*/pengendapan senyawa *retarding* keinti kalsium hidroksida, menghambat pertumbuhan kalsium hidroksida, yang penting untuk *hidrasi* berlanjut semen setelah akhir periode induksi.
- Formasi kompleks dengan ion kalsium dalam larutan, meningkatkan daya larut dan mengecilkan pembentukan inti kalsium hidroksida.

KESIMPULAN

Penambahan gula aren pada saat pengadukan mortar dapat menghambat proses hidrasi semen pada setting awal. Dosis gula aren 0,1% cenderung bersifat *retarder* dalam campuran pasta semen karena terjadi penundaan waktu ikat awal 5,12 x (495 menit) dibandingkan tanpa penambahan gula aren. Sedangkan penambahan gula aren dosis 0,3% dan 0,5% cenderung bersifat *accelerator* karena waktu ikat awalnya lebih cepat dibandingkan tanpa bahan tambah gula aren yaitu 0,74 x (71,25 menit) dan 0,75 x (72,50 menit). Untuk setting akhir pada semua dosis gula aren bersifat *retarder*. Menurut *ASTM C494* dosis gula aren 0,1% digolongkan tipe D, *water reducing and retarding admixture*, yaitu bahan tambah yang bersifat mengurangi jumlah air dan menghambat pengikatan, untuk dosis 0,3% dan 0,5% digolongkan tipe B, *retarding admixture*.

Untuk dosis gula aren 0,1%, 0,3% dan 0,5% setelah pemanasan suhu 250^o C, 500^oC, dan 750^oC penurunan kuat tekannya masih diatas 50% jika perbandingan persentase kuat tekannya berasal dari persentase kuat tekan pada masing-masing dosis tanpa pemanasan. Untuk dosis 0,5% penurunan kuat tekannya akibat pemanasan cenderung stabil. Secara kontruksi dosis gula aren 0,1%, 0,3% dan 0,5% layak digunakan untuk bahan bangunan tahan temperatur tinggi. Pemilihan dosis bisa disesuaikan dengan kebutuhan kuat tekan dan suhu pemanasan yang diinginkan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini Penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada: Ibu Dr. Monita Olivia, ST., M.Sc, Bapak Dr. Zulfikar Djauhar, ST., MT, Bapak Dr. Ari Sandyavitri, M.Sc, Bapak Dr. Muhandi, M.Sc, Bapak Dr. Ing. Syawal Satibi, M.Sc, telah banyak memberikan masukan dan saran, Bapak Dr. Alex Kurnia Wandy, ST, MT. Kepala Lab Bahan Universitas Riau. Selanjutnya untuk segala pihak yang turut berperan, yang tidak dapat disebutkan satu persatu semoga penelitian ini dapat memberi manfaat untuk yang lain.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM C-195-1995. 1995. *Standar Tes Method For Time of Setting of Hidroulic Cement By Vicat Needle*.
- ASTM C-494 Standar Specification For Chemical Admixture for Concrete
- Govindasamzy, J. 2005, *The Effect of Over Dossage of Concrete Daratard 40 in Concrete*. Thesis University Teknologi Malaysia.
- Khan, B. and Baradan, B. 2002. *The effect of sugar on setting-time of various types of cements*, Quarterly Science Vision Vol.8 (1) July - September, 2002.
- Mc Williams, M., 2001. 1992. *Food Experimental Prespectives. 4th edition*. New Jersey: Prentice Hall, Inc.
- Medjo, E. R. and Riskowski, G. L. 2001. A Procedure for Processing Mixtures of Soil, Cement, and Sugar Cane Bagasse. *Agricultural Engineering International - the CIGR Journal of Scientific Research and Development*, Manuscript BC 99 001, Vol. III, pp. 1 - 11.
- Mulyono, T. 2003. *Teknologi Bahan*, Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Nanda, dkk., 2015, *Perilaku Kekuatan Mortar Tahan Api dengan Bahan Tambah Gula Aren*, Jom FTEKNIK Volume 2 No. 2 Oktober 2015.
- Sari, N.,P., Olivia, M., Djauhari, Z., 2017, *Kuat Tekan dan Porositas Mortar dengan Bahan Tambah Gula Aren*. Konferensi Nasional Teknik Sipil dan Perencanaan (KN-TSP) 2017.
- SNI-03-1968-1990. 1990. *Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar*. Bandung: Badan Standarisasi Nasional.
- SNI-03-6825-2002. 2002. *Metode Pengujian Kekuatan Tekan Mortar Semen Portland untuk Pekerjaan Sipil*. Bandung: Badan Standarisasi Nasional.
- SNI-03-6827-2002. 2002. *Standar Nasional Indonesia. Metode pengujian waktu ikat awal semen portland dengan menggunakan alat vicat untuk pekerjaan sipil*. Bandung: Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 03-3743-1995. *Standar Nasional Indonesia Gula palma*. Bandung: Badan Standarisasi Nasional.
- Sudarmadji, S., Haryono, B., dan Suhardi. 1997. *Prosedur Analisa untuk Bahan Makanan dan Pertanian*. Yogyakarta: Liberty.
- Suryawanshi, Y. R., et al. 2014. *Experimental Study on Effect of Sugar Powder on Strength Of Cement*, ISSN (E) : 2321-8843 ; ISSN (P) : 2347 - 4599 Vol. 2, Issue 4, Apr 2014, 249 – 252
- Susilorini, Rr. M.I.R., Etmawati, D., Armeliya, Y., Nikodemus, dan Setiawan, B. 2008. "The Performance of Concrete Using Sugar as ' Green ' Retarder and Accelerator", *Prosiding Simposium Nasional RAPI VII*, 18 Desember FT-USM, pp
- Susilorini, Rr.M.I.R., Sambowo, K.A. 2011. *Beton Pasca Bakar, dalam buku Teknologi Beton Lanjutan Durabilitas Beton*, Semarang: Penerbit Surya Perdana Semesta (Sps).