

PENGARUH PENAMBAHAN ADITIF KALSIMUM KLOORIDA (CaCl_2) DARI LIMBAH KULIT TELUR TERHADAP REAKSI PENGKERASAN SEMEN

Muhammad Ikhwan, Satriawan, Elda Melwita*

*Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya
Jl. Raya Indralaya-Prabumulih KM. 32 Indralaya Ogan Ilir (OI) 30662
Email: emelwita@gmail.com

Abstrak

Akselerator adalah suatu jenis aditif tipe C yang bekerja dengan mempercepat waktu pengikatan dan pengerasan beton. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana pengaruh variasi penggunaan bahan tambahan akselerator Kalsium Klorida (CaCl_2) terhadap waktu ikat awal beton/mortar. Kalsium klorida didapat dengan mereaksikan kalsium karbonat dengan asam klorida. Kalsium karbonat yang terdapat pada cangkang telur mencapai 94%. Cangkang telur mudah dijumpai dalam kehidupan sehari-hari, dan kebanyakan tidak dimanfaatkan kembali sehingga menjadi limbah yang dapat merusak ekosistem maupun estetika jika tidak di tanggulangi dengan benar. Oleh karena itu pemanfaatan limbah cangkang telur ini merupakan solusi untuk menggunakan kembali limbah yang tidak terpakai menjadi bahan baku pembuatan bahan kimia campuran pada semen. Sering lemahnya kontrol terhadap penambahan dosis akselerator, yang dapat disebabkan karena pengadukan molen yang tidak rata ataupun karena keperluan untuk menekan biaya konstruksi, menyebabkan penambahan dosis akselerator tersebut tidak sesuai dengan dosis optimal yang ditetapkan oleh pembuat bahan aditif ini. Sehingga apabila akselerator tersebut digunakan di bawah dosis optimal, akan menyebabkan tidak tercapainya waktu ikat awal pada 360 menit yang diharapkan. Akibat tersebut akan dapat menyebabkan keruntuhan pada bagian-bagian struktur yang ada. Dari hasil penelitian diperoleh kualitas Kalsium Klorida (CaCl_2) terbaik terdapat pada 2 %, dimana waktu ikat awal pada 240 menit diperoleh penetrasi minimal 17.

Kata kunci: Akselerator, kalsium klorida, semen, aditif

Abstract

The accelerator is a kind of additive type C that works by speeding up the time of bonding and hardening of concrete. This study was conducted to determine how the effect of variations in the use of additional materials accelerator Calcium Chloride (CaCl_2) to a tie early concrete / mortar. Calcium chloride is obtained by reacting calcium carbonate with hydrochloric acid. Calcium carbonate is found in egg shells reached 94%. Eggshell is easily found in everyday life, and most are not used again so it becomes waste, which could damage the ecosystem and aesthetics if not tackle properly. Therefore, utilization of waste egg shells is a solution to reuse the unused waste into raw materials for the chemical mixture on cement. Often lack of control for increasing doses accelerator, which can be caused by stirring Molen uneven or because of the need to reduce the cost of construction, led to the addition of the accelerator dose does not correspond to the optimal dose determined by the makers of the additive material. Therefore, when the accelerator is used under optimal dose, will cause the failure to achieve a tie early in the 360 minutes expected. The result will be able to cause a collapse in parts of the existing structure. The results were obtained quality Calcium Chloride (CaCl_2) best will be at 2%, by which time the initial tie at 240 minutes obtained by penetration of at least 17.

Keywords: Accelerator, calcium chloride, cement, additive.

I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara di dunia yang memiliki sumber daya alam yang sangat melimpah. Ada berbagai macam sumber energi yang dapat dimanfaatkan di negara ini. Seiring perkembangan zaman, sudah banyak sumber energi yang mulai dikembangkan. Hal ini dikarenakan mulai menipisnya cadangan bahan bakar minyak sebagai salah satu sumber energi yang sangat dibutuhkan oleh masyarakat luas.

Dari berbagai sumber energi yang dikembangkan, biogas merupakan salah satunya. Pengembangan biogas sebagai sumber energi alternatif didasari dari banyaknya bahan baku pembuatan biogas yang dapat dimanfaatkan. Selain jumlahnya yang banyak, bahan baku pembuatan biogas juga mudah ditemukan. Sebagai contoh, kotoran hewan sekalipun dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan biogas.

Biogas sangat potensial sebagai bahan bakar karena memiliki kandungan metana. Biogas juga sudah mulai dikembangkan dan dimanfaatkan oleh beberapa industri sebagai bahan bakar alternatif pengganti minyak. Tetapi biogas mengandung H_2S dan CO_2 yang cukup tinggi sehingga berpotensi mencemari lingkungan. Dengan demikian biogas perlu dimurnikan dulu sebelum digunakan sebagai bahan bakar.

Pada penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan biogas dengan kualitas yang baik melalui purifikasi dengan cara menguji pengaruh zeolit dan karbon aktif untuk mengurangi kadar H_2S dan CO_2 yang cukup tinggi sehingga akan didapat biogas dengan kuantitas metana yang tinggi. Dengan tingginya kadar metana dalam biogas, maka semakin tinggi pula kualitas biogas.

Tujuan Penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui perbedaan waktu ikat awal mortar dengan menggunakan $CaCl_2$ Murni dengan $CaCl_2$ dari cangkang telur.
2. Untuk mengetahui komposisi ideal zat *accelerator*/ $CaCl_2$ dari cangkang telur ditambahkan ke semen.
3. Untuk mengetahui perbedaan daya serap beton/mortar setelah maupun sebelum ditambahkan zat *accelerator* $CaCl_2$.

1.1. Semen

Semen (*cement*) adalah hasil industri dari paduan bahan baku: batu kapur/gamping sebagai bahan utama dan lempung/tanah liat atau bahan pengganti lainnya dengan hasil akhir berupa padatan berbentuk bubuk/*bulk*, tanpa memandang proses pembuatannya, yang mengeras atau membatu pada pencampuran dengan air. Bila semen dicampurkan dengan air, maka terbentuklah beton. Beton nama asingnya, *concrete* diambil dari gabungan *prefiks* bahasa Latin *com*, yang artinya bersama-sama, dan *crescere* (tumbuh), yang maksudnya kekuatan yang tumbuh karena adanya campuran zat tertentu (Kardiono, 2007).

Pada umumnya terdapat beberapa jenis semen dan tipe semen *portland*, sedangkan semen *portland* yang berdasarkan persentase kandungan penyusunannya terdiri dari 5 tipe, antara lain:

- a) Semen Portland tipe I (*Ordinary Portland Cement*) adalah semen portland yang dipakai untuk segala macam konstruksi apabila tidak diperlukan sifat-sifat khusus, misalnya ketahanan terhadap sulfat, panas hidrasi. Semen Portland tipe I ini dihasilkan dengan cara menggiling klinker yang kandungan utamanya kalsium silikat dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat. Komposisi senyawa yang terdapat pada tipe ini adalah: 55% (C_3S); 19% (C_2S); 10% (C_3A); 7% (C_4AF); 2,8% MgO ; 2,9% (SO_3); 1,0% hilang dalam pembakaran, dan 1,0% bebas CaO .
- b) Semen Portland tipe II (*Moderate Heat Portland Cement*) adalah semen portland yang dipakai untuk pemakaian konstruksi yang memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang, dan dapat digunakan untuk bangunan rumah pemukiman, gedung-gedung bertingkat dan lain-lain. Semen tipe ini lebih banyak mengandung C_2S dan lebih sedikit C_3A dibandingkan dengan semen tipe I. Komposisi senyawa yang terdapat pada tipe ini adalah: 51% (C_3S); 24% (C_2S); 6% (C_3A); 11% (C_4AF); 2,9% MgO ; 2,5% (SO_3); 0,8% hilang dalam pembakaran, dan 1,0% bebas CaO .

- c) Semen Portland tipe III (*High Early Strength Protland Cement*) adalah semen portland yang dipakai untuk konstruksi bangunan dari beton massa (tebal) yang memerlukan ketahanan sulfat dan panas hidrasi sedang, misal bangunan dipinggir laut, bangunan bekas tanah rawa, saluran irigasi, dam-dam. Semen ini mempunyai kandungan C₃S lebih tinggi dibandingkan dengan semen tipe lainnya sehingga lebih cepat mengeras dan cepat mengeluarkan kalor. Komposisi senyawa yang terdapat pada tipe ini adalah: 57% (C₃S); 19% (C₂S); 10% (C₃A); 7% (C₄AF); 3,0% MgO; 3,1% (SO₃); 0,9% hilang dalam pembakaran, dan 1,3% bebas CaO.
- d) Semen Portland tipe IV (*Low Heat Portland Cement*) ini dipakai untuk konstruksi bangunan yang memerlukan kekuatan tekan tinggi pada fase permulaan setelah pengikatan terjadi, misal untuk pembuatan jalan beton, bangunan-bangunan bertingkat, bangunan-bangunan dalam air. Semen ini mempunyai kandungan C₃S dan C₃A lebih rendah sehingga pengeluaran kalornya lebih rendah. Komposisi senyawa yang terdapat pada tipe ini adalah: 28% (C₃S); 49% (C₂S); 4% (C₃A); 12% (C₄AF); 1,8% MgO; 1,9% (SO₃); 0,9% hilang dalam pembakaran, dan 0,8% bebas CaO.
- e) Semen Portland tipe V (*Shulphato Resistance Portland Cement*) ini dipakai untuk instalasi pengolahan limbah pabrik, konstruksi dalam air, jembatan, terowongan, pelabuhan dan pembangkit tenaga nuklir. Semen ini mengandung C₃A lebih rendah dibandingkan dengan tipe-tipe lain sehingga membuat semen ini lebih tahan terhadap sulfat. Komposisi senyawa yang terdapat pada tipe ini adalah: 38% (C₃S); 43% (C₂S); 4% (C₃A); 9% (C₄AF); 1,9% MgO; 1,8% (SO₃); 0,9% hilang dalam pembakaran, dan 0,8% bebas CaO.

1.2. Sifat Kimia Semen

1.1.1 C₃S (3CaO.SiO₂)

C₃S adalah komponen yang berperan untuk pengerasan awal, dan cepat mengeras pada umur 28 hari. Kadar C₃S sebaiknya antara 52–62%. Jika berlebihan, raw material susah dibakar, dan memiliki sifat *coating* yang buruk.

1.1.2 C₂S (2CaO.SiO₂)

C₂S berperan untuk kekuatan untuk waktu yang lebih lama C₂S berperan untuk kekerasan setelah minggu pertama hingga beberapa minggu atau bulan.

1.1.3 C₃A (3CaO.AlO₃)

C₃A berfungsi dalam kekerasan awal dan kecepatan mengerasnya sangat tinggi. Dalam semen tanpa gypsum, C₃A bereaksi cepat dengan air dan menghasilkan panas yang besar. Kadar C₃A sebaiknya antara 6 – 8%.

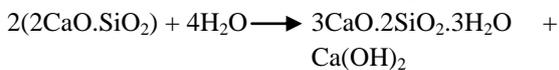
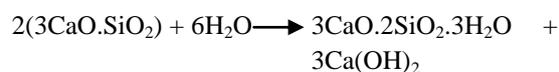
1.1.4 C₄AF (4CaO.AlO₃.Fe₂O₃)

C₄AF mempunyai sifat hidrasi yang lambat. Besi dalam C₄AF berperan sebagai *fluxing agent* (penurunan titik lebur).

1.3 Reaksi Hiderasi

Reaksi hiderasi adalah reaksi yang terjadi jika semen dikombinasikan dengan air. Sedangkan panas yang dilepaskan selama semen mengalami proses hiderasi disebut panas hidrasi. Jumlah panas hiderasi yang terjadi tergantung, tipe semen, kehalusan semen, dan perbandingan antara air dengan semen. Kekerasan awal semen yang tinggi dan panas hiderasi yang besar kemungkinan terjadi retak-retak pada beton, hal ini disebabkan oleh fosfor yang timbul sukar dihilangkan sehingga terjadi pemuai pada proses pendinginan. Semen portland tipe I memiliki panas hidrasi yang sedang, sehingga cocok digunakan untuk penggunaan yang membutuhkan pengerasan awal cepat. Senyawa bebas seperti CaO dan MgO bebas serta gypsum menyebabkan lamanya proses hidrasi terjadi pada semen (Kushartomo,1999).

Reaksi hidrasi semen adalah sebagai berikut:



1.4 Chemical dan Material Addmixture

Istilah *additive* dan *admixture* dapat didengar dan dijumpai pada pembicaraan sehari-hari. Arti *additive* dan *admixture* adalah sama yaitu bahan tambahan. Hanya saja material *additive*, merupakan bahan tambahan yang ditambahkan pada saat proses pembuatan semen di pabrik, sedangkan *admixture* bahan tambahan yang ditambahkan pada saat pelaksanaan

pembuatan beton di lapangan. Di pasaran banyak sekali variasi produksi *admixture*, oleh karena itu penggunaan dari salah satu *admixture* sebaiknya didahului dengan percobaan.

Bahan Tambahan (*Admixture*) dibagi dalam beberapa kelompok diantaranya:

a) *Air Entraining Agent* (ASTM C260)

Yaitu bahan tambahan untuk meningkatkan kadar udara agar beton tahan terhadap pembekuan dan pencucian terutama daerah salju, juga harus memenuhi SNI 03-2496-1991.

b) *Admixture* Kimia (Bahan Tambahan Kimia), ASTM C49 dan BS 5075

Yaitu bahan tambahan untuk meningkatkan kadar udara agar beton tahan terhadap pembekuan dan pencucian terutama untuk daerah salju, juga harus memenuhi SNI 03 – 2496 – 1991.

c) *Mineral Admixture* (Bahan Tambahan Mineral)

Bahan tambahan mineral ini merupakan bahan padat yang dihaluskan yang ditambahkan untuk memperbaiki sifat beton agar beton mudah dikerjakan dan kekuatan serta keawetannya meningkat. Bahan-bahan tambahan mineral seperti :

1. Pozzolan
2. Slag
3. Fly Ash
4. Abu Sekam
5. Silika Fume

d) Bahan Tambahan Lainnya (*Miscellaneous Admixture*)

Yang termasuk kategori bahan tambahn ini ialah semua bahan tambahan yang tidak termasuk kategori diatas, seperti:

1. *Polymer*
2. *Fiber Mash*
3. Bahan pencegah karatan
4. Bahan tambahan yang dapat mengembang
5. Bahan tambahan untuk perekat (*bonding admixture*)

1.5 Cangkang Telur

Secara umum struktur cangkang telur terdiri atas tiga lapisan, yaitu lapisan kutikula, lapisan spons, dan lapisan lamelar. Lapisan kutikula merupakan permukaan terluar yang mengandung sejumlah protein. Lapisan spons dan lamelar membentuk matriks yang dibentuk oleh serat protein yang terikat oleh kalsium karbonat dalam

cangkang telur. Cangkang telur mewakili 11% dari total bobot telur dan tersusun oleh kalsium karbonat (94%), kalsium fosfat (1%), material organik (4%), dan magnesium karbonat (1%). Reaksi yang terjadi pada pembuatan CaCl_2 :

$$\text{CaCO}_{3(s)} + 2\text{HCl}_{(Aq)} \rightarrow \text{CaCl}_{2(Aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} + \text{CO}_{2(g)}$$

1.6. Pengujian Semen

Pengujian merupakan syarat utama pada pembuatan semen, agar diperoleh hasil yang memenuhi standar yang telah ditetapkan. Pengujian ini dilakukan berkaitan dengan pengujian yang mempengaruhi waktu pengikatan awal. Pengujian semen biasanya dilakukan dilaboratorium yang suhu dan kelembaban ruangnya di kontrol dengan baik. Suhu ruang dijaga antara 28-30°C dengan kelembaban relatif tidak boleh kurang dari 50%. Waktu ikat merupakan penentu awal dan akhir pengikatan pasta semen, disamping kehalusan. Waktu ikat dipengaruhi oleh komposisi mineral dan air yang dipakai. Selain untuk menghidrasikan semen, air juga berfungsi untuk memberi mobilitas bagi pasta semen. Pada saat bercampur dengan air semen mengalami pengikatan dan mengeras. Lamanya pengikatan juga dipengaruhi oleh suhu udara di sekitarnya. Ada dua macam waktu pengikat pada semen, yaitu waktu ikat awal dan waktu ikat akhir. Waktu ikat awal adalah waktu yang dibutuhkan sejak semen bercampur dengan air dari kondisi plastis menjadi tidak plastis, sedangkan waktu ikat akhir adalah waktu yang dibutuhkan semen sejak bercampur dengan air dari kondisi plastis menjadi keras. Waktu ikat awal menurut standar SNI minimum 30 menit, sedangkan waktu ikat akhir maksimum 360 menit (Wisnumurti, 2007).

1.7. Faktor Air Semen

Faktor air semen (fas) adalah perbandingan berat air dan berat semen yang digunakan dalam adukan beton. Faktor air semen yang tinggi dapat menyebabkan beton yang dihasilkan mempunyai kuat tekan yang rendah dan semakin rendah faktor air semen kuat tekan beton semakin tinggi. Namun demikian, nilai faktor air semen yang semakin rendah tidak selalu berarti bahwa kekuatan beton semakin tinggi. Nilai faktor air semen yang rendah akan menyebabkan kesulitan dalam pengerjaan, yaitu kesulitan dalam pelaksanaan pemadatan yang akhirnya akan

menyebabkan mutu beton menurun. Oleh sebab itu ada suatu nilai faktor air semen optimum yang menghasilkan kuat desak maksimum. Umumnya nilai faktor air semen minimum untuk beton normal sekitar 0,4 dan maksimum 0,65

1.8. Mekanisme Cara Kerja Akselerator

Komposisi dari Semen Portland terdiri dari produk-produk yang tidak seimbang dengan menghasilkan reaksi dengan temperature tinggi dan energi yang tinggi. Ketika semen berhidrasi, reaksi dari produk + air akan menghasilkan tingkat energi yang stabil dan untuk mencapainya terdapat sejumlah pembebasan energi dalam bentuk panas. Sejumlah besar pembebasan panas dan tingkat pembebasan panas dapat mengindikasikan kereaktifannya. Data dari panas hidrasi dapat digunakan untuk menentukan karakteristik setting time dan hardening dan dapat digunakan untuk mengukur tingkat suhu. (Kumar dan Monteiro, 1993).

Alumina dikenal melakukan hidrasi terlebih dahulu daripada silika. Hidrasi pada Alumina yaitu reaksi yang terjadi antara C_3A dengan air sangat cepat. Kristal hidrat seperti C_3AH_6 , C_4AH_{19} , dan C_2AH_8 , dibentuk dengan sangat cepat, dengan pembebasan panas dalam jumlah besar terjadi pada hidrasi tersebut dengan dikontrol oleh gipsium. Ettringite adalah yang pertama berhidrasi menjadi kristal karena kadar sulfat yang tinggi dalam pelarutan selama 1 jam pertama proses hidrasi. Pada kondisi normal penundaan yang dilakukan oleh 5% - 6% gipsium, maka percepatan yang dilakukan oleh *Ettringite* meliputi *stiffening*, *setting* dan pada awal *hardening*. Selanjutnya setelah penghabisan dari sulfat pada pelarutan, pada waktu konsentrasi pada Alumina bertambah disebabkan karena pembaruan hidrasi dari C_3A dan C_4AF , *Ettringite* menjadi tidak stabil dan biasanya akan berubah menjadi Monosulfat, dimana merupakan produk akhir dari hidrasi Alumina. (Kumar dan Monteiro, 1993).

Pada hidrasi Silika yaitu C_3S dan C_2S pada semen Portland menghasilkan Kalsium Silikat Hidrat (CSH) dan Kalsium Hidroksida ($CA(OH)_2$). Dari sifat materialnya bentuk CSH ini sangat buruk untuk menjadi kristal dan membentuk semacam lubang pada bentuk gel

keras. Gel ini dapat disebut sebagai Tobermorite Gel. C_3S berhidrasi terlebih dahulu daripada C_2S . Dengan kehadiran gipsium, C_3S sebagai partikel dimulai berhidrasi selama 1 jam sejak penambahan semen ke dalam air dan akan bekerja pada final setting time dan hardening dari pasta semen. Reaksi daripada C_2S dan C_3S akan dipercepat dengan kehadiran sulfat pada pelarutan. Reaksi pada hidrasi C_3S ini berlangsung cepat pada beberapa minggu / proses hardening. Proses perkembangan mengisi rongga dalam pasta dengan hasil produk hidrasi akan menurunkan porositas dan permeabilitas dan meningkatkan kekuatan beton. (Kumar dan Monteiro, 1993).

Berdasarkan reaksi hidrasi di atas, maka fenomena daripada *stiffening*, *setting* dan *hardening* adalah berdasarkan perkembangan dari pembentukan kristal pada produk hidrasi. Sehingga berdasarkan alasan tersebut, maka dapat diasumsikan dengan menambahkan larutan kimia tertentu pada sistem hidrasi, maka satu dari larutan tersebut akan dapat mempengaruhi tingkat kecepatan pengionisasian dari komposisi semen yang ada dan tingkat kecepatan pembentukan kristal dari produk hidrasi, sehingga mempengaruhi karakteristik dari setting dan hardening dari pasta semen. Bahan yang paling efektif untuk Akselerator adalah Kalsium Klorida. Garam-garam anorganik yang dapat larut seperti Klorida, Bromida, Fluorida, Karbonat, Nitrat, Thiosulfat, Silikat, Aluminat, Alkali Hidroksida. Susunan organik yang dapat larut seperti Triethanolamine, Kalsium format, Kalsium acetat, dan bahan yang sejenis (Kumar dan Monteiro, 1993).

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Sampel

Sampel yang digunakan pada penelitian ini adalah $CaCl_2$.

2.2. Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Bahan dan Beton Teknik Sipil Universitas Sriwijaya. Waktu pelaksanaan direncanakan selama 3 (tiga) bulan, yaitu pada bulan November 2016 sampai Januari 2017

2.3. Alat dan Bahan

2.3.1. Alat:

1. Sekop Semen

2. Ember
 3. Saringan no 16
 4. Saringan 250 mesh
 5. Gelas Ukur
 6. Cetakan ukuran P = 5 cm, L = 5 cm, T = 5 cm
 7. Hot Plate magnetic stirer
 8. Beaker Gelas
 9. Neraca Analis
 10. Batang Pengaduk
 11. Kertas Saring
- 2.3.2. Bahan :
1. Semen Portland jenis PCC/Tipe I
 2. Air bersih
 3. Agregat halus/Pasir
 4. Cangkang Telur Ayam
 5. HCl 11,4M (36%)
 6. Aquadest

2.4. Pembuatan CaCl₂ dengan HCl 1M

1. Cangkang telur sebanyak 25 gr dimasukkan ke dalam beaker gelas
2. HCl 1M ditambahkan sebanyak 250 ml hingga terbentuk larutan
3. Larutan dipanaskan di atas *hot plate* pada temperatur 80 °C dan di aduk dengan kecepatan 40 rpm selama 2 jam
4. Larutan di saring dan di cuci sampai pH netral
5. Hasil saringan dikeringkan selama satu hari dan timbang

2.5. Pembuatan mortar rasio semen dan pasir

1. Dicampur Semen dan pasir dengan rasio perbandingan 1:4.
2. Dicampur campuran hasil semen dan pasir tadi dengan air sebanyak 40% dari berat total sampai benar-benar homogen.
3. CaCl₂ ditambahkan sebanyak 0%,1%,1,5% dan 2% dari berat semen.
4. Adonan dimasukkan ke cetakan ukuran 5x5x5 cm.
5. Mortar yang telah jadi siap dilakukan uji ikat awal dengan menggunakan jarum vikat.

2.6. Uji daya Serap mortar

1. Mortar di timbang menggunakan neraca analitis.
2. Mortar direndam dalam air selama 24 jam dan timbang.
3. Dipanaskan dalam oven pengering pada suhu 110°C selama 24 jam.

4. Dinginkan selama 15 menit dan timbang berat akhir.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pembuatan CaCl₂ dari Cangkang Telur

Salah satu sumber pembuatan kalsium klorida (CaCl₂) adalah cangkang telur. Sebab utama dijadikannya cangkang telur untuk pembuatan CaCl₂ karena kandungan kalsium (CaCO₃) yang sangat tinggi. Keberadaan cangkang telur yang sangat melimpah menjadi sebab utama dijadikan cangkang telur sebagai sumber pembuatan kalsium klorida (CaCl₂). Kalsium Klorida (CaCl₂) dihasilkan dengan mereaksikan antara cangkang telur dan HCl. Pada saat cangkang telur bereaksi maka CO₂ yang terdapat didalam larutan tersebut akan keluar, ditandai dengan adanya gelembung. Reaksi pembuatan kalsium klorida adalah:



Cangkang telur (CaCO₃) ditambahkan sebanyak 25 gr direaksikan dengan HCl 1M, 2M dan 4M pada temperature 80 °C dengan kecepatan 40 rpm selama 2 jam menghasilkan kalsium klorida (CaCl₂) sebanyak 20 gr, 19 gr dan 17 gr. Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi molar HCl yang digunakan maka akan semakin sedikit CaCl₂ yang dihasilkan.

3.2. Pengaruh penambahan CaCl₂ terhadap beton

3.2.1. Pengaruh terhadap waktu ikat

Penelitian ini menggunakan analisa jarum vikat guna mengetahui waktu ikat awal dari semen yang merupakan analisa yang paling berpengaruh pada penelitian ini. Waktu ikat awal semen portland minimum adalah 30 menit dan waktu ikat akhirnya 360 menit. Pengujian waktu ikat awal dilakukan pada mortar tanpa menggunakan accelerator, didapatkan bahwa pada menit ke 240 menunjukkan waktu ikat awal semen mengubah sifat plastis dari sampel menjadi tidak plastis. Dalam arti lain pada menit tersebut sifat cair dari semen berubah menjadi padat, sehingga pada indikator jarum vikat menunjukkan nilai 36 pada menit ke 240 tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa senyawa C₃A dan C₄AF sudah bereaksi dengan air dan berperan dalam pengerasan awal semen. Data analisa campuran tanpa tambahan akselerator dapat dilihat pada tabel 4.1. Semen tanpa

akselerator mulai mengeras atau merubah sifatnya menjadi padat pada pukul 17:51 dari awal pencampurannya diwaktu 13:51, hal ini menunjukkan bahwa butuh waktu 4 jam diperlukan untuk semen biasa tanpa bahan akselerator untuk dapat merubah sifatnya dari cair ke padat. Hal ini masih masuk dalam rentan minimum waktu ikat awal semen yaitu 30 menit dan batas maksimum yaitu 360 menit. Dalam rentan waktu 10 menit terjadi kenaikan angka penetrasi yang menunjukkan bahwa masih terjadi proses pengerasan semen sampai 30 menit selanjutnya.

Tabel 1. Waktu Ikat Awal Semen tanpa Akselerator

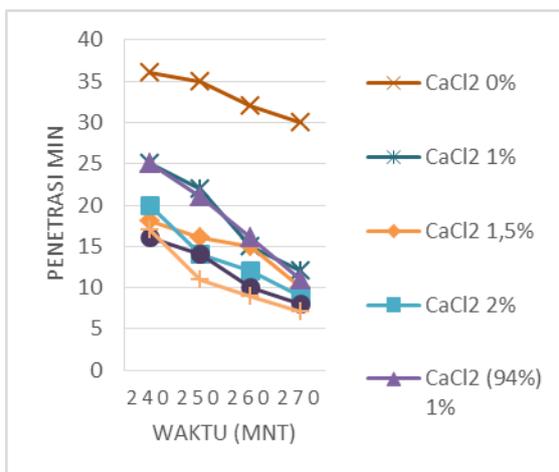
Nama Contoh	Pukul	Interval Waktu (Menit)	Penetrasi min
I (CaCl ₂ 0%)	13:51	240	36
		250	35
		260	32
		270	30

Tabel 2. Waktu Ikat Awal Semen dengan Akselerator

Nama	Pukul	Interval Waktu (s)	CaCl ₂ (94%)	CaCl ₂ dari kulit telur
			Penetrasi min	Penetrasi min
II (CaCl ₂ 1%)	14:20	240	25	25
		250	21	22
		260	16	15
		270	11	12
III (CaCl ₂ 1.5%)	15:02	240	16	18
		250	14	16
		260	10	15
		270	8	10
VI (CaCl ₂ 2%)	15:20	240	15	17
		250	11	14
		260	9	12
		270	7	9

Contoh I adalah sampel tanpa menggunakan akselerator CaCl₂, sedangkan contoh II,III, dan IV adalah sampel yang menggunakan akselerator. Kami membandingkan penggunaan CaCl₂ dari cangkang telur dengan CaCl₂ kemurnian 94% yang tersedia di pasaran. Pada waktu 4 jam pertama semua sampel telah menunjukkan perubahan fase dari cair ke padat. Hal ini menunjukkan bahwa dengan adanya penambahan akselerator pada pencampuran semen akan mengakibatkan pengerasan awal yang lebih cepat dibandingkan tanpa menggunakan akselerator. Pada percobaan didapat bahwa penggunaan CaCl₂ murni lebih cepat mengeras dibandingkan CaCl₂ dari cangkang telur. Penggunaan CaCl₂ 2% murni memiliki penurunan nilai penetrasi 7 yang merupakan nilai penetrasi yang paling rendah diantara sampel yang lain.

Pada menit ke 30 setelah empat jam, CaCl₂ murni maupun dari CaCl₂ dari cangkang telur memiliki nilai penetrasi min lebih kecil dari tanpa menggunakan akselerator. Hingga CaCl₂ 2% memiliki daya ikat yang paling kuat di waktu ikat akhir, dari data tersebut CaCl₂ murni dan dari cangkang telur memiliki data yang tidak terlalu berbeda. Dari data tersebut menunjukkan bahwa gypsum pada semen portland yang memiliki rumus senyawa CaSO₄.nH₂O, telah bereaksi pada waktu 4 jam. Sehingga proses hidrasi C₃A dan C₄AF yang merupakan senyawa yang pertama kali bereaksi dengan air dan berperan pada pengerasan dan waktu ikat awal semen telah terjadi. Gypsum merupakan senyawa retarder yang menghambat proses hidrasi pada semen, dan CaCl₂ merupakan senyawa yang berfungsi sebagai katalis untuk mempercepat proses hidrasi gypsum. Jadi pada waktu 4 jam gypsum telah selesai bereaksi dan dilanjutkan oleh reaksi hidrasi C₃A dan C₄AF yang dapat ditunjukkan dari munculnya nilai penetrasi min pada menit pertama 4 jam yang berlalu.



Gambar 1. Perbandingan Penetrasi min dengan waktu sampel mortar.

Perbandingan antara mortar semen yang menggunakan atau tanpa akselerator dapat dilihat di grafik 4.1, di grafik tersebut terlihat mortar semen yang menggunakan akselerator dan tidak menggunakan akselerator terlihat jauh berbeda semen tanpa menggunakan akselerator penetrasinya 36 sedangkan penetrasi yang menggunakan akselerator dimulai dari 15 dan yang paling cepat mengeras di waktu awal adalah CaCl₂ 2%. Sedangkan setelah 30 menit berlangsung CaCl₂ 2% merupakan semen yang paling keras dilihat dari nilai penetrasi min 7, penetrasi yang baik adalah penetrasi min yang mendekati angka 0 pada waktu yang tercepat karena hal itu membuktikan bahwa akselerator bekerja untuk mempercepat proses hidrasi gypsum sehingga senyawa yang berperan pada pengerasan di waktu ikat awal semen dapat melakukan proses hidrasi dengan air hingga semen tidak dapat dipenetrasi lagi.

3.2.2. Pengaruh terhadap daya serap

Penelitian dilakukan pada mortar yang telah berumur 7 hari, mortar tersebut berbentuk kubus berukuran 5x5x5 cm. Umur 7 hari ditetapkan sebagai analisa karena hari ke 7 termasuk di awal hari pengerasan dari mortar sebelum masuk hari akhir dari pengerasan permanen yaitu 27 hari. Penyerapan air dari mortar dipengaruhi oleh terjadinya reaksi eksotermis oleh semen dan air pada proses hidrasi semen, panas yang timbul berlebihan akan menyebabkan pori maupun rongga udara yang besar dan memungkinkan partikel air untuk masuk. Data analisa tersebut dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 3. Data analisa daya serap mortar

Kadar CaCl ₂ (%)	CaCl ₂ 94%	CaCl ₂ dari cangkang telur (%)
0		17,45
1	9,77	17,3
1,5	9,71	17,1
2	9,57	16,09

Di data tersebut didapatkan bahwa, mortar atau beton yang tidak menggunakan akselerator cenderung memiliki daya serap yang tinggi 17,45% dibandingkan dengan yang menggunakan akselerator. Hal ini disebabkan dengan penggunaan akselerator dapat mempercepat reaksi hidrasi pada semen, sehingga proses panas yang dikeluarkan cepat berlalu sehingga tidak menyebabkan pori-pori timbul diakibatkan oleh panas.

Reaksi yang cepat dibantu dengan katalis di awal pencampuran semen dengan air, membuat proses di awal pengikatan semen juga cepat. Sifat fisika yang terjadi pada semen setelah dicampurkan dengan air adalah setting dan hardening, setting merupakan sifat semen yang masih bisa dibentuk. Sedangkan hardening merupakan sifat semen yang mengeras dan tidak dapat dibentuk lagi, sering disebut dengan false set. Guna akselerator ini mempercepat reaksi dari semen sehingga proses dari sifat setting hingga membentuk false set cepat di campai, sehingga panas tersebut tidak sempat memberikan pori-pori didalam beton. Pori-pori tersebut yang menyebabkan celah untuk air masuk kedalam beton, dan menyebabkan beton terlihat renggang dan mudah hancur.

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pembahasan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Perbedaan waktu ikat awal mortar dengan menggunakan CaCl₂ murni dan CaCl₂ dari cangkang telur tidak begitu signifikan, dibuktikan pada penambahan CaCl₂ murni sebesar 2% didapatkan waktu ikat awal/penetrasi minimal 15 sedangkan CaCl₂ dari cangkang telur didapatkan penetrasi minimal 17
- 2) Komposisi Ideal zat *accelerator*/CaCl₂ dari cangkang telur yang ditambahkan pada semen adalah 2% dibuktikan dengan interval waktu

240 menit sudah menghasilkan penetrasi minimum 17.

- 3) Perbedaan daya serap mortar setelah maupun sebelum ditambahkan zat *accelerator* CaCl_2 sangat signifikan, dibuktikan dengan penambahan *accelerator* 2% didapatkan daya serap mortar 9,57% sedangkan tanpa penambahan *accelerator* 17,45%..

Wisnumurti, dkk., 2007. *Pengaruh Penggunaan Akselerator Megaset Merah Di Bawah Dosis Optimal Terhadap Kuat Tekan Beton Dengan Berbagai Variasi Umur Beton*, Jurnal Rekayasa Sipil. Universitas Brawijaya. Malang.

DAFTAR PUSTAKA

- Agung, P. 2015. *Perubahan Kuat Tekan Self Compacting Concrete Yang Menggunakan Bahan Accelerator Concrete Admixture Type C Yang Disebabkan Oleh Lingkungan Agresif (MgSO_4) Di Awal Perkerasan Beton*. Bukit Jimbaran: Universitas Udayana.
- ASTM-C150. (2014). *Standard Specification of Portland Cement*. United States.
- Husin, A. 2010. *Penelitian Pengaruh Larutan Garam Sulfat Terhadap Kualitas Beton Ringan*. Jurnal Permukiman, Vol. 5, No. 2, Agustus 2010: 78-84.
- SNI 03-1968-1990. (1990) *Tentang Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- SNI 03-1974-1990. (1990). *Tentang Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- SNI 15-2049-2004. (2004). *Semen Portland Pozolan*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Tanzil, G. dan Nety. 2013. *Pengaruh Sulfat Terhadap Kuat Tekan Beton Dengan Variasi Bubuk Kaca Substitusi Sebagian Pasir Dengan w/c 0,4 dan 0,5*. Universitas Sriwijaya : Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan Vol. 1, No. 1, Desember 2013
- Tatang. 2015. *Komposisi Senyawa Kimia dalam Cangkang Telur*. (online).<http://tatangsm.a.com/2015/01/komposisi-senyawa-kimia-dalam-cangkang-telurayam.html>. Diakses 20 September 2016
- Wati, R. 2009. *Kalsium Karbonat*. (OnLine): <http://ratna-wati-chemistry.blogspot.com/2009/05/kalsium-karbonat-caco3-ciri-ciri-dan.html>. Diakses 20 September 2016