

Pengaruh Komposisi *Gypsum* Terhadap *Setting Time* Pada Proses Produksi Semen PCC

Mala Hayati Nasution^{a,1,*}, Nevybryanti Bunga Nurcahyo Putri^{a,2}, Lukmilayani Candra^{a,3}

^a Universitas Internasional Semen Indonesia, Kompleks PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk. Jalan Veteran, Gresik 61122, Indonesia

¹ mala.nasution@uisi.ac.id*; ² nevybunga88@gmail.com; ³ lukmilayani@gmail.com;

* corresponding author

ARTICLE INFO

Article history

Received August 05, 2019

Revised October 04, 2019

Accepted October 07, 2019

Keywords

Gypsum

Setting time

Cement

Portland Composite Cement

Hydration reaction

ABSTRACT

Cement is a national strategic commodity. Based on data from the Ministry of Industry of the Republic of Indonesia in 2017, the total installed capacity of the national cement industry is 92.7 million tons per year with a consumption rate of 65 million tons per year. The raw materials for the cement production process are limestone, iron sand, clay, silica sand, and gypsum. A comparison of the composition of each raw material influences the type and characteristics of the cement produced. Gypsum is a raw material that affects the quality of the final cement product. Gypsum acts to regulate the hardening time and inhibits the binding time so that it can be used for a long time. This research was conducted to study the effect of gypsum composition on setting time in the Portland Composite Cement (PCC) production process. Gypsum was Tanjung Jati gypsum. Variation of gypsum composition were 0-5% -weight. Based on SNI 15-2049-2004, the minimum initial setting time is 45 minutes and the maximum final setting time is 375 minutes. Based on the results of the research, PCC cement with 0 - 5%--weight gypsum met these standards. Increased gypsum composition causes an increase in both initial and final setting time.

This is an open-access article under the [CC-BY-SA](#) license.



1. Pendahuluan

Semen merupakan komoditas strategis nasional. Berdasarkan data Kementerian Perindustrian Tahun 2017, kapasitas produksi semen nasional adalah 92,7 juta ton per tahun dan tingkat konsumsi 65 juta ton per tahun [1]. Berdasarkan Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 28 Tahun 2008 tentang Kebijakan Industri Nasional, semen merupakan industri manufaktur yang termasuk industri material dasar. Material dasar merupakan material utama pada konstruksi suatu bangunan.

Bahan baku utama proses produksi semen diantaranya batu kapur, pasir besi, tanah liat, pasir silika dan *gypsum*. Perbandingan komposisi masing-masing bahan baku tersebut berpengaruh terhadap jenis dan karakteristik semen yang dihasilkan. Beberapa jenis karakteristik semen, memiliki aplikasi yang berbeda-beda diantaranya pada sektor konstruksi bangunan, pelabuhan, perkapalan, perumahan, pertambangan, pengeboran minyak dan infrastruktur.

Salah satu jenis semen adalah Semen PCC (*Portland Composite Cement*). Semen tersebut merupakan turunan dari semen OPC (*Ordinary Portland Cement*). Bahan baku semen PCC sama dengan semen OPC tetapi pada semen PCC terdapat penambahan material aditif. Material aditif tersebut diantaranya *limestone*, *fly ash* dan *trass*. Ketiga Aditif tersebut mempunyai kontribusi yang sangat penting sehingga semen PCC memiliki kualitas yang lebih baik daripada semen tipe OPC [2].

Salah satu bahan baku pada proses produksi semen PCC adalah *gypsum*. *Gypsum* adalah bentuk hemihidrat dari kalsium sulfat dihidrat, dengan rumus kimia $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. *Gypsum* dapat berwarna abu-abu, merah atau coklat. Warna tersebut disebabkan oleh kandungan tanah liat, oksidasi besi, anhidrat, SiO_2 atau oksida logam lain. *Gypsum* alam terdapat di berbagai daerah di dunia diantaranya Thailand, Australia, Iran, Inggris, Jerman, Italia, Kanada dan Amerika Serikat. Secara spesifik di Indonesia *gypsum* alam terdapat di Sulawesi Utara, Rembang, Sulawesi Selatan, Cirebon, Kalianget, Nusa Tenggara Barat.

Pada proses produksi semen, *gypsum* berperan sebagai *retarder* yaitu untuk mengatur waktu pengerasan dan menghambat waktu pengikatan sehingga campuran akan tetap mudah dikerjakan dalam jangka waktu lama [3]. Waktu ikat atau *setting time* adalah waktu yang diperlukan oleh semen untuk mengalami pengerasan sejak semen bercampur dengan air menjadi pasta. Menurut SNI 03-6827-2002 waktu ikat semen terdiri dari dua macam yaitu waktu pengikatan awal dan waktu pengikatan akhir. Waktu pengikatan awal menurut SNI minimum 45 menit [4]. Pengikatan awal semen harus berjalan lambat. Hal ini bertujuan agar terdapat jeda antara proses pengadukan dengan proses pemasangan kontruksi sehingga proses pengerjaan tidak sulit. Waktu pengikatan akhir menurut SNI tersebut adalah 8 jam. Waktu ini menunjukkan waktu setelah semen terpasang pada kontruksi. Semen tersebut tidak boleh terkena gangguan agar tidak merusak ikatan kontruksi.

Pengaturan *setting time* berpengaruh terhadap kualitas konstruksi baik dalam aplikasi skala kecil maupun besar. Waktu ikat atau *setting time* dipengaruhi oleh komposisi *gypsum* di dalam semen. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian pengaruh komposisi *gypsum* terhadap *setting time* pada proses produksi semen PCC.

2. Metodologi

2.1 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu oven, erlenmeyer, spatula, neraca analitik, *jaw crusher*, *pulverizer*, *mini ball mill*, alat vicat, spatula, alat pengaduk, sarung tangan karet, ayakan ukuran 8 mesh dan stopwatch. Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu *clinker Portland Composite Cement* (PCC), *gypsum* Tanjung Jati, air aquades, pasir biasa ukuran 8 mesh dan batu kapur. *Clinker* PCC, *gypsum* Tanjung Jati dan batu kapur diperoleh dari Unit *Finish Mill* 4 PT. Semen Gresik Pabrik Tuban.

2.2 Metode Penyiapan Awal

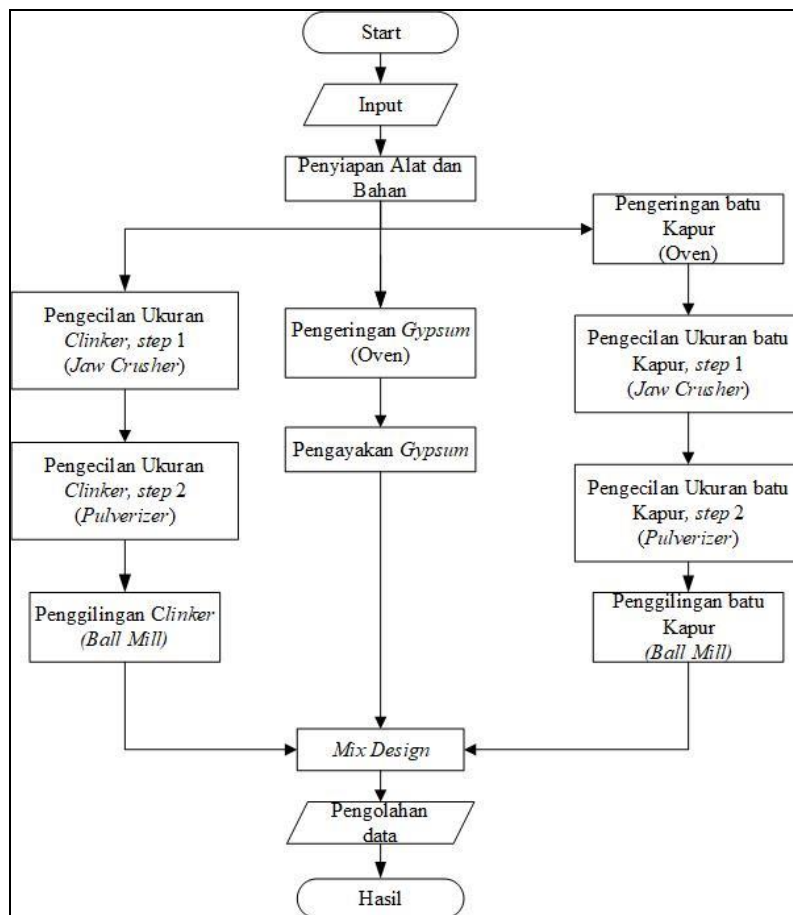
Metode penyiapan awal ditampilkan pada Gambar 1. Tahapan penyiapan awal merupakan proses penggilingan antara *clinker* dan *gypsum*. Proses ini menyerupai proses penggilingan pada *finish mill*. *Mix design* penelitian ini disampaikan pada Tabel 1. Berdasarkan *mix design* tersebut dilakukan variasi komposisi *gypsum* dari 0 – 5%. Variasi tersebut dilakukan untuk mempelajari semen tanpa *gypsum* dan pengaruh *gypsum* terhadap komposisi semen. Variasi tersebut dilakukan berdasarkan penelitian Islam, 2017 [5]; Altun dan Sert, 2004 [6]; Boncukcuoğlu, dkk., 2002 [7]. Penelitian Islam, 2017 dilakukan pada variasi komposisi *phosphogypsum* 0%, 2%, 5%, 10% dan 15% [5]. Penelitian Altun dan Sert, 2004 dilakukan pada variasi komposisi *phosphogypsum* 1, 3, 5, 7, 10 dan 12,5 %-berat [6]. Penelitian Boncukcuoğlu, dkk., 2002 dilakukan pada variasi 3 – 5% *gypsum* [7].

Tabel 1. Mix Design Bahan

Run	Mix Design Bahan		
	Massa <i>Gypsum</i> (kg)	Massa <i>Clinker</i> (kg)	Massa Batu Kapur (kg)
1	0	2,96	
2	0,04	2,92	
3	0,08	2,88	
4	0,12	2,84	1,04
5	0,16	2,8	
6	0,2	2,76	

2.3 Uji Kehalusan

Uji kehalusan dilakukan untuk mengetahui nilai kehalusan yang diperoleh setelah penggilingan material menjadi semen. Penggilingan dilakukan selama 150 menit dengan menggunakan *ball mill* C dan *ball mill* D. Uji kehalusan dilakukan menggunakan alat *Blaine*. Metode uji kehalusan ditampilkan pada Gambar 2. Standar uji kehalusan adalah SNI 15-2049-2004 [8]. Berdasarkan standar tersebut untuk semen PCC, kehalusan minimum adalah 2800 cm²/gram.



Gambar 1. Metode Penyiapan Awal

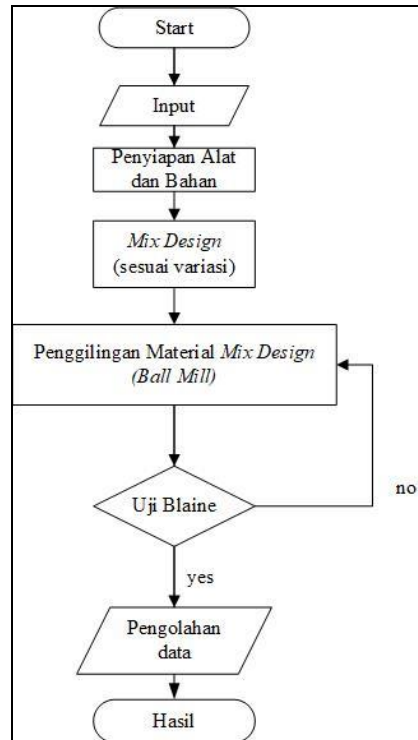
2.4 Uji Setting Time

Uji *setting time* dilakukan untuk mengetahui waktu yang diperlukan oleh semen untuk mengalami pengerasan. Metode uji *setting time* ditampilkan pada Gambar 3. Pada uji *setting time* terdapat uji konsistensi normal pasta semen. Standar Uji Konsistensi normal pasta semen adalah SNI 15-2049-2004 [8]. Menurut standar tersebut, konsistensi normal adalah antara 9 – 11 mm.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Mix Design

Mix Design percobaan ini disampaikan pada Tabel 1. Seluruh run pada *mix design* tersebut memiliki massa total 4 kilogram. Jumlah massa ini disesuaikan dengan kapasitas *Ball Mill*. Massa batu kapur pada seluruh run dijaga tetap sejumlah 1,04 kilogram. Jumlah ini setara dengan 26% komposisi batu kapur di dalam semen. Jumlah ini sesuai dengan standar SNI 15-2049-2004 [8].

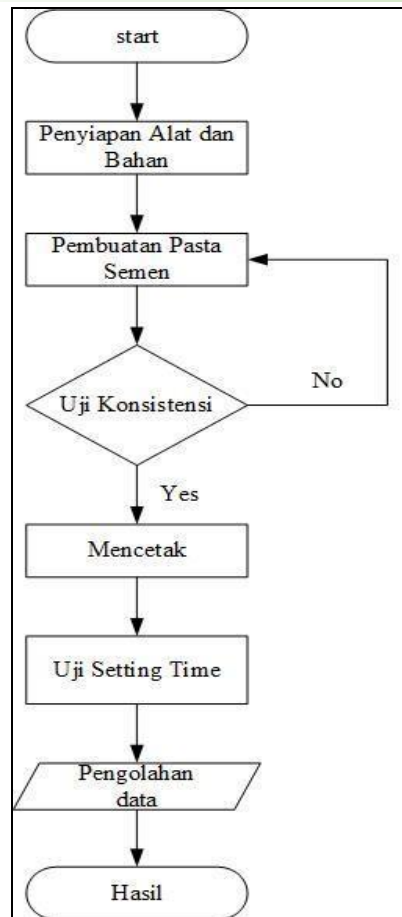


Gambar 2. Metode Uji Kehalusan

3.2 Hasil Pengujian Kehalusan (*Blaine*)

Hasil pengujian kehalusan ditampilkan pada Tabel 2. Berdasarkan SNI 15-2049-2004, kehalusan minimum semen PCC adalah 2800 cm^2/gram . Berdasarkan hasil penelitian run yang memenuhi standar uji kehalusan adalah run 1, 3, 4, dan 5 dengan komposisi 0, 2, 3, dan 4% -berat dari semen PCC. Run yang tidak memenuhi standar uji kehalusan adalah run 2 dan 6. Hal ini karena pada run 1, 3, 4, dan 5 dilakukan penggilingan pada *ball mill D* sedangkan pada run 2 dilakukan pada *ball mill C*.

Ball mill D memiliki jumlah bola baja yang lebih banyak daripada *ball mill C*. Masing-masing bola baja pada *ball mill D* juga memiliki ukuran yang lebih besar daripada *ball mill C*. Oleh karena itu, pada waktu penggilingan yang sama, material pada *ball mill D* lebih halus dibandingkan dengan *ball mill C*. Hal ini karena kontak antara bola baja dengan material pada *ball mill D* lebih banyak dibandingkan dengan *ball mill C*.



Gambar 3. Metode Uji *Setting Time*

3.3 Penetapan Konsistensi Pasta Semen

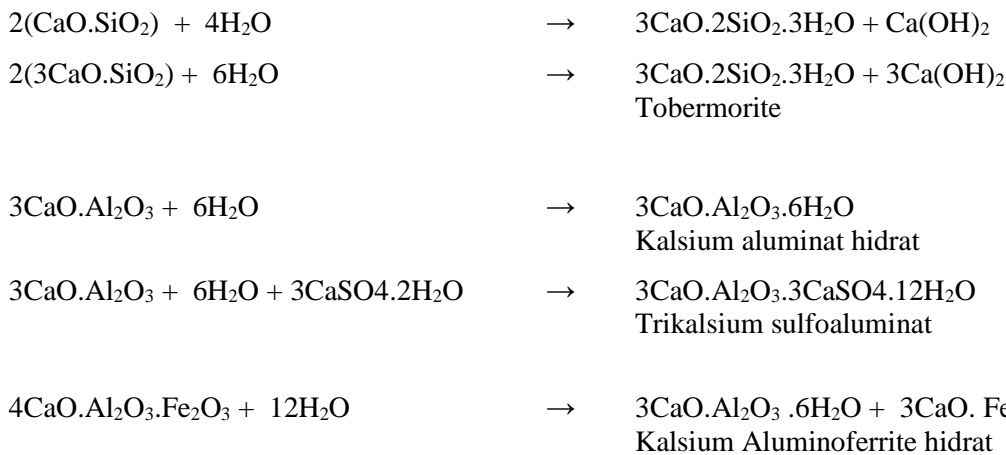
Penetapan konsistensi bertujuan untuk mengetahui jumlah air yang dibutuhkan pasta yang akan digunakan untuk uji *setting time*. Hasil penetapan konsistensi ditampilkan pada Tabel 2. Berdasarkan Standar Uji Konsistensi normal pasta semen yaitu SNI 15-2049-2004, konsistensi normal seluruh run memenuhi standar SNI. Uji konsistensi normal juga dilakukan untuk memperoleh jumlah air yang dibutuhkan dalam pembuatan pasta semen dalam uji *setting time*. Berdasarkan hasil penelitian jumlah air yang dibutuhkan dalam pembuatan semen antara 130-138 mL.

Tabel 2. Hasil Penetapan Konsistensi

Run	Komposisi Gypsum (%)	Konsistensi normal (mm)	Jumlah air (ml)
1	0	11	137
2	1	10	138
3	2	10	138
4	3	11	134
5	4	10	130
6	5	9	134

3.4 Pengaruh Komposisi Gypsum Terhadap Setting Time

Waktu ikat atau *setting time* adalah waktu yang diperlukan oleh semen untuk mengalami pengerasan sejak semen bercampur dengan air menjadi pasta. Reaksi semen dengan air adalah reaksi hidrasi. Menurut Hariawan [2], reaksi hidrasi disampaikan sebagai berikut:



Tri Calcium Aluminate (C3A) atau $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ bereaksi sangat cepat dengan air dan berperan dalam pengikatan awal semen. Penambahan *gypsum* pada semen akan menghambat waktu pengikatan pada proses pengerasan semen. Hal tersebut karena *gypsum* dapat mengatur reaksi antara $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ (C3A) dengan air agar tidak terlalu cepat mengeras [2].

Perbandingan hasil uji *setting time* semen PCC pada komposisi 0 – 5% ditampilkan pada Tabel 3. Standar *setting time* untuk semen PCC adalah SNI 15-2049-2004. Berdasarkan standar tersebut, waktu pengikatan awal minimum adalah 45 menit dan waktu pengikatan akhir adalah maksimum 375 menit. Berdasarkan hasil penelitian, seluruh run memenuhi standar SNI baik untuk waktu pengikatan awal minimum maupun waktu pengikatan akhir.

Berdasarkan Tabel 3, pada saat komposisi *gypsum* 0% waktu pengikatan awal paling kecil jika dibandingkan dengan komposisi lainnya. Semakin banyak komposisi *gypsum* maka waktu pengikatan awal semakin lama. Waktu pengikatan awal paling lama terdapat pada komposisi 5%. Hal ini menunjukkan, komposisi *gypsum* berpengaruh terhadap waktu pengikatan awal.

Pada saat komposisi *gypsum* 0% waktu pengikatan akhir juga paling kecil jika dibandingkan dengan komposisi lainnya. Semakin banyak komposisi *gypsum* maka waktu pengikatan akhir semakin lama. Waktu pengikatan akhir paling lama terdapat pada komposisi 5%. Hal ini menunjukkan, komposisi *gypsum* juga berpengaruh terhadap waktu pengikatan akhir. Oleh karena itu, komposisi *gypsum* berpengaruh terhadap waktu pengikatan awal dan waktu pengikatan akhir.

Hasil yang sama juga terdapat pada penggunaan *phosphogypsum* pada penelitian Islam, 2017 [5]. Menurut penelitian tersebut, waktu pengikatan awal dan waktu pengikatan akhir paling kecil terdapat pada saat komposisi *phosphogypsum* 0%. Waktu pengikatan awal dan waktu pengikatan akhir bertambah seiring dengan peningkatan komposisi *phosphogypsum* [5].

Tabel 3. Hasil Uji *Setting Time* Pada Pasta Semen

Run	Komposisi Gypsum (%)	Setting Time Awal (menit)	Setting Time Akhir (menit)
1	0	134	242
2	1	150	254
3	2	150	270
4	3	152	257
5	4	170	275
6	5	175	280

4. Kesimpulan

Gypsum merupakan salah satu bahan baku pada proses produksi semen. Pada proses produksi semen, *gypsum* berperan sebagai *retarder* yaitu untuk mengatur waktu pengerasan dan menghambat waktu pengikatan sehingga campuran akan tetap mudah dikerjakan dalam jangka waktu lama. Waktu ikat atau *setting time* adalah waktu yang diperlukan oleh semen untuk mengalami pengerasan sejak semen bercampur dengan air menjadi pasta. Reaksi yang terjadi ketika semen bercampur dengan air adalah reaksi hidrasi. Penambahan *gypsum* pada semen akan menghambat waktu pengikatan pada proses pengerasan semen karena *gypsum* dapat mengatur reaksi antara $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ (C3A) dengan air agar tidak terlalu cepat mengeras. Berdasarkan SNI 15-2049-2004, waktu pengikatan awal minimum adalah 45 menit dan waktu pengikatan akhir adalah maksimum 375 menit. Berdasarkan hasil penelitian, semen PCC dengan kandungan 0 – 5%-berat *gypsum* memenuhi standar tersebut. Semakin banyak komposisi *gypsum*, waktu pengikatan awal dan waktu pengikatan akhir semakin lama.

Ucapan Terima Kasih

Kami hendak menyampaikan terima kasih kepada : (i) Bapak Agustinus Farid D.K., sebagai Senior Manager Laboratorium Management; (ii) Bapak Tri Eddy Susanto, S.T., M.T., sebagai Senior Researcher Officer Department of Research and Development; (iii) Bapak Chalid Nurdin, S.T. sebagai Manager Finish Mill 3-4; dan (iv) Bapak Yudi Darmawan sebagai Laboratory Management Officer PT. Semen Indonesia yang telah memfasilitasi pelaksanaan penelitian ini.

Pustaka

- [1] Kementerian Perindustrian, Pasokan Semen Nasional 92,7 juta ton Pada Tahun 2017, <http://www.kemenperin.go.id/artikel/16183/Industri-Semen, 2017>.
- [2] J.B. Hariawan, Pengaruh Perbedaan Karakteristik Type Semen Ordinary Portland Cement (OPC) dan Portland Composite Cement (PCC) terhadap Kuat Tekan Mortar, 2012, Universitas Gunadarma, Depok.
- [3] N. Bhanumatidas dan N. Kalidas, Dual role of gypsum: Set retarder and strength accelerator, *The Indian Concrete Journal*, 2004, pp. 1 – 4.
- [4] SNI 03-6827-2002, Metode Pengujian Waktu Ikat Awal Semen Portland dengan Menggunakan alat *Vicat* Untuk Pekerjaan Sipil, Badan Standarisasi Nasional.
- [5] G.M. Sadiqul Islam dkk., *Effect of Phosphogypsum on the Properties of Portland Cement*, *Procedia Engineering*, Volume 171, 2017, pp. 744 – 751.
- [6] A. Altun dan Y. Sert, Utilization of Weathered Phosphogypsum as Set Retarder in Portland Cement, *Cement Concrete Research*, Volume 34, Issue 4, 2004, pp. 677 – 680.
- [7] R. Boncukcuoğlu, M.T. Yilmaz, M.M. Kocakerim, V. Tosunogğlu, Utilization of Borogypsum as Set Retarder in Portland Cement Production, *Cement Concrete Research*, Volume 32, Issue 3, 2002, pp. 471 – 475.
- [8] SNI 15-2049-2004, Semen Portland, Badan Standarisasi Nasional.