

Optimalisasi Penggunaan Gypsum dan Batu Kapur pada Pembuatan Semen Putih

Ahmad Riyanto^{a,1}, Devi Yuliani^{b,2}, Laeli Rizki Amalia^{b,3}, Erna Astuti^{b,4,*}

^a Department of Quality Assurance, PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk., Gresik

^b Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Ahmad Dahlan, Jl. Ring Road Selatan, Tamanan, Banguntapan, Bantul, Yogyakarta 55166, Indonesia

¹ ahmadriyanto@gmail.com; ² yulianidevi96@gmail.com; ³ leesrizkyoopsz@gmail.com; ⁴ erna.astuti@che.uad.ac.id*

* corresponding author

ARTICLE INFO

Article history

Received November 16, 2019

Revised January 03, 2020

Accepted January 03, 2020

Keywords

Semen portland putih

Standar Nasional Indonesia

Komposisi

Loss on Ignition

SO₃

Warna

ABSTRACT

White Portland cement is a fine, gray or white powder, which consists of a mixture of hydraulic cement materials consisting mainly of calcium silicate, aluminate, and aluminoferrite. The manufacture of white portland cement requires special raw material requirements and manufacturing processes, such as raw materials containing very low iron oxides and manganese oxides. Various tests were carried out to obtain white cement of good quality and meet Indonesian National Standards or Standar Nasional Indonesia (SNI). The tests included raw material testing (Lost on Ignition test, LOI) on various compositions and LOI test, % SO₃ test, and color test on white Portland cement. The results showed that the greater the % SO₃, the strength of white Portland cement will decrease and the greater the LOI, the white Portland cement will be easily damaged. So from the results of the study obtained a good raw material composition for white Portland cement is 89% white slag, 4% limestone, and 7% gypsum. All test results meet Indonesian National Standards or SNI.

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



1. Pendahuluan

Semakin pesatnya perkembangan industri semen di Indonesia memunculkan beberapa tipe semen antara lain *Ordinary Portland Cement* (OPC), *White Cement*, dan *Portland Composite Cement* (PCC). Komposisi kimia semen meliputi SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, CaO, MgO, SO₃, K₂O, Ti₂O₅, P₂O₅, dan Cl⁻ [1]. Kandungan mineral semen putih meliputi C₃S, C₂S, C₃A, dan C₄AF [2]. Semen *Portland* meliputi 2 macam, yaitu semen dengan kadar gamping 6-20% dan kadar 21-35% sesuai standar UK nomor BS 7583: 1996 [3]. Semen *portland* adalah bubuk halus, berwarna abu-abu atau putih, yang terdiri dari campuran bahan semen hidrolik terutama terdiri dari kalsium silikat, aluminat, dan aluminoferrit. Semen *portland* putih memiliki kandungan besi dan mangan yang lebih rendah daripada semen *portland* abu-abu dan digunakan terutama untuk keperluan dekoratif. Kandungan oksida besi dan oksida magnesita dalam semen *portland* putih sangat rendah yaitu dibawah 1% [4,5]. Semen *portland* putih dihasilkan dengan cara menggiling terak semen *portland* putih yang terutama terdiri atas kalsium, silikat, giling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat. Kandungan senyawa yang terdapat dalam semen putih adalah Kalsium Oksida (CaO), Besi Oksida (Fe₂O₃), Silika Oksida (SiO₂), Aluminium Oksida (Al₂O₃), dan Magnesium Oksida (MgO) [6].

Produk semen *portland* putih memiliki persyaratan tertentu untuk dipasarkan. Untuk mendapatkan semen putih dengan kualitas yang baik diberlakukan proporsi perbandingan antara terak putih, batu kapur, dan *gypsum* dengan melakukan pengujian produk secara fisika dan kimia.

Setiap negara memiliki standar berbeda untuk menyatakan spesifikasi semen *portland* putih. Standar yang berlaku di India adalah IS 8042: 1989 yang diamandemen no. 5 April 2009 [7], sedangkan standar yang digunakan di Indonesia adalah SNI 15-0129-2004, meliputi sifat kimia dan sifat fisika semen *portland* putih [8]. Standar sifat kimia tertera pada Tabel 1.

Tabel 1. Syarat Kimia Semen Portland Putih

Jenis Uji	Satuan	Persyaratan
MgO	%	Maks. 5,0
SO ₃	%	Maks. 3,5
Fe ₂ O ₃	%	Maks.0,4
Hilang pijar (LOI)	%	Maks.5,0
Bagian tak larut	%	Maks. 3,0

Menurut standar Eropa EN 196-2:2013, bagian tak larut dinyatakan dengan metode Na₂CO₃ [1]. Salah satu syarat kimia semen *portland* putih yang tercantum di Tabel 1 adalah *Loss On Ignition* (LOI). Syarat kimia semen *Portland* putih tertera pada Tabel 2.

Tabel 2. Syarat Fisika Semen *Portland* Putih

Uraian	Satuan	Persyaratan
Kehalusan dengan alat blaine	m ² /kg	Min. 280
Waktu pengikat dengan alat vicat		
- pengikatan awal	Menit	Min. 45
- pengikatan akhir	menit	Maks. 375
Kekekalan dengan autoclave		
- pemuai	%	Maks 0,8
Pengikatan semu		
-penetrasi akhir	%	Min. 50
Derajat warna putih (<i>whiteness</i>)		
- alat hunter lab	%	Min. 90
- alat kett meter	%	Min. 80
Kuat tekan:		
3 hari	kg/cm ³	Min. 180
7 hari	kg/cm ³	Min. 250
28 hari	kg/cm ³	Min. 350

Penelitian ini bertujuan mengetahui kondisi optimal penggunaan *gypsum* dan batu kapur pada semen putih di PT Semen Indonesia. Kondisi optimum diperoleh dari pengujian secara kimia yaitu uji LOI dan % SO₃ serta uji fisika dengan pengujian warna semen. Hasil uji dibandingkan dengan standar nasional produk semen *portland* putih di Indonesia.

2. Metode Penelitian

Bahan penyusun semen putih yang digunakan dalam penelitian ini adalah *gypsum*, batu kapur, dan terak putih dari PT Semen Indonesia. Dalam penelitian dilakukan Uji Kimia Bahan Baku, Pembuatan Semen *Portland* Putih, Pengujian Kimia Semen *Portland* Putih yaitu uji LOI dan uji SO₃, serta uji fisika berupa uji warna.

Uji hilang pijar dilakukan dengan memijarkan cawan porselin berisi sampel sebanyak 1 gram dalam tanur bersuhu 550 °C dan bersuhu 950 °C selama 30 menit. Kemudian cawan porselin berisi sampel tersebut didinginkan dalam desikator dan ditimbang sampai suhunya konstan dan dihitung LOI nya. Uji SO₃ dilakukan dengan menggunakan XRF, sedangkan uji warna dilakukan dengan alat Kett Meter. Pengujian dilakukan dengan menumpuk sejumlah semen kering dengan rapi ke dalam cetakan berbentuk cincin dengan diameter 30 mm dan tinggi 3 mm (atau dengan menggunakan cetakan lain yang disediakan oleh alat kett meter) yang ditempatkan di atas suatu pelat kaca bersih. Lalu tekan perlahan-lahan dengan menggunakan pelat kaca yang lain sehingga berat jenis semen yang dipadatkan mendekati berat jenis magnesium oksida (MgO) standar, angkat cincin perlahan-lahan dengan semen yang dipadatkan berada di bagian dalam. Siapkan sebanyak 3 benda uji untuk pengukuran derajat warna putih, lalu membaca derajat warna yang tertera pada *display*.

3. Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini melakukan uji sifat kimia dan fisika terhadap bahan baku semen *portland* putih dan produk *portland* semen putih. Uji yang dilakukan pada bahan baku adalah uji LOI, sedangkan uji produk meliputi uji LOI, uji SO₃, dan uji warna. Pengujian kehilangan berat akibat pembakaran (LOI) dilakukan pada semen untuk menentukan kehilangan berat jika semen dibakar sampai sekitar (900 – 1000) °C. Hasil uji bahan baku Semen *Portland* Putih tertera pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil uji LOI Bahan Baku Semen Portland Putih

Bahan	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3
Terak	89%	88%	88%
<i>Gypsum</i>	7%	8%	7%
Batu Kapur	4%	4%	5%

LOI menyatakan bagian dari zat yang akan terbebaskan sebagai gas pada saat terpanaskan atau dibakar (temperatur tinggi). Metode LOI dipakai untuk memperkirakan bahan organik dan kandungan karbon pada sedimen [9]. Pada bahan baku umpan *kiln* semakin tinggi LOI-nya, maka semakin sedikit umpan *kiln* yang menjadi produk *clinker*. Oleh karena itu LOI yang tinggi mengurangi efisiensi proses karena adanya mineral-mineral yang dapat diuraikan pada saat pembakaran. Komponen utama LOI adalah uap air yang berasal dari kandungan air (*moisture*) dalam bahan baku (*raw mix*) dan gas CO₂ yang akan dihasilkan dari proses kalsinasi CaCO₃. Hasil uji bahan baku menyatakan bahwa LOI terendah diperoleh pada sampel 2 dan 3 (untuk terak), sampel 1 dan 3 (untuk *gypsum*) serta sampel 1 dan 2 (untuk batu kapur). Hasil uji LOI produk semen *portland* putih disajikan pada Tabel 4. Hasil uji LOI rata-rata 10 sampel semen *portland* dari 10 pabrik semen di Indonesia adalah sebesar 5,75% [10]. Uji hasil sampel semen *portland* putih penelitian ini tertera pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Uji Kimia LOI pada Semen *Portland* Putih

Uji	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3
LOI	4,96 %	5,22%	5,31%

Nilai LOI yang paling tinggi adalah pada sampel 3 dengan nilai LOI sebesar 5,31% dan nilai LOI paling rendah adalah pada sampel 1 dengan nilai LOI sebesar 4,96%. Nilai LOI sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) adalah maksimal 5,0% [8], demikian pula Standar Eropa **EN 197-1:2000** [3]. Sampel yang memenuhi nilai LOI sesuai Standar Nasional Indonesia (SNI) adalah sampel 1.

Kandungan SO₃ dalam semen adalah untuk mengatur atau memperbaiki sifat *setting time* (pengikatan) dari *mortar* (sebagai retarder) dan juga untuk kuat tekan. Pemberian retarder terlalu banyak akan menimbulkan kerugian pada sifat *expansive* dan dapat menurunkan kekuatan tekan. Sebagai sumber utama SO₃ yang sering banyak digunakan adalah *gypsum*. Hasil Uji Kimia SO₃ pada Semen *Portland* Putih tertera pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Uji Kimia SO₃ pada Semen *Portland* Putih

Kandungan	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3
SO ₃	1,8 %	3,53%	2,8%

Hasil uji SO₃ rata-rata semen *portland* produksi 10 pabrik semen di Indonesia sebesar 2,12% [10]. Sesuai hasil uji yang tertulis di tabel 5, sampel yang memenuhi Standar Nasional Indonesia yaitu sampel 1, sedangkan untuk sampel 2 dan sampel 3 didapatkan nilai yang melebihi maksimal dari Standar Nasional Indonesia (SNI 15-2049-1994).

Pengujian warna dilakukan dengan alat Kett Meter. Hasil uji warna Semen *Portland* Putih tertera pada tabel 6.

Tabel 6. Hasil Uji Fisika (Warna) pada Semen *Portland* Putih

Uji	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3
Warna	93,4 %	93,3%	93,3%

Hasil uji warna *portland* warna semen putih menyatakan bahwa semua sampel mempunyai nilai di atas 90. Standar Nasional Indonesia (SNI 15-2049-1994) menyatakan derajat warna putih semen *portland* putih dengan alat kett meter adalah minimal 80. Dengan demikian semua sampel

memenuhi Standar Nasional Indonesia untuk syarat fisika berupa warna. Sedangkan sampel yang memenuhi semua standar yang diuji, yaitu standar LOI, kadar SO_3 dan uji warna adalah sampel 1 dengan komposisi 89% terak, 7% *gypsum*, dan 4% batu kapur:

4. Kesimpulan

Semen *portland* putih adalah semen hidrolisis yang berwarna putih dan dihasilkan dengan cara menggiling terak semen *portland* putih yang terutama terdiri atas kalsium dan silikat, digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat. Semen *portland* putih merupakan bahan dekoratif yang memerlukan kualitas memenuhi persyaratan Standar Nasional Indonesia. Komposisi yang baik untuk *gypsum*, batu kapur, dan terak putih dalam pembuatan semen putih adalah komposisi pada sampel 1, yaitu *gypsum* 7%, batu kapur 4%, dan terak putih 89%. Semua hasil uji dari sampel 1 memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI 15-2049-1994) berupa uji LOI, uji SO_3 , dan uji warna.

Ucapan Terima Kasih

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada *Department of Quality Control*, PT Semen Indonesia, Gresik yang telah menyediakan bahan dan fasilitas untuk penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] C. Argiz, M. Ángel Sanjuán, and E. Menéndez, "Coal bottom ash for portland cement production", *Advances in Materials Science and Engineering*, vol. 2017, pp. 1-7, 2017.
- [2] J. Liu, W. Li, F. Zhang, X. Zhang, L. Chen, and Y. Liu, "Optimization and hydration mechanism of composite cementing material for paste filling in coal mine", *Advances in Materials Science and Engineering*, vol. 2019, pp. 1-13, 2019.
- [3] A. L. Mrema, "Comparison of the properties of Portland cement and Portland-limestone cement", *Conference: Advances and Trends in Structural Engineering, Mechanics and Computation (SEMC 2010)*, Cape Town, September 2010.
- [4] W. L. Greer, A. J. Buonicore and W. T. Davis, "Portland Cement", *Air Pollution Engineering Manual*, (eds.), Von Nostrand Reinhold, NY, 1992.
- [5] Portland Cement Association, "U.S. And Canadian Portland Cement Industry Plant Information Summary", Washington DC, August 1991.
- [6] W.H. Duda, "Cement Data Book Raw Material for Cement Production", 1st ed, Berlin. 1988.
- [7] IS 8042: 1989 amendment no. 5 April 2009, Indian Standard: White Portland specification, 2nd revision, Bureau of Indian Standards, New Delhi.
- [8] SNI 15-0129-2004, Semen portland putih, Badan Standardisasi Nasional.
- [9] O. Heiri, A. F. Lotter, G. Lemcke, "Loss on ignition as a method for estimating organic and carbonate content in sediments: reproducibility and comparability of results", *Journal of Paleolimnology*, Vol. 25, pp. 101-110, 2001.
- [10] R. R. Irawan, "Kajian sifat kimia, fisika, dan mekanik semen portland di indonesia", *Jurnal Jalan-Jembatan*, Vol. 34 No. 2, pp 79-90, Juli-Desember 2017.