OPTIMASI CHANNEL XRD ARL9900 SEBAGAI METODE ALTERNATIF UNTUK ANALISA LIMESTONE DALAM SEMEN

Sugeng Mulyono¹; Dzakiyatul Azizah²; Hafit Setiyabudi³

¹ Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta

² Teknik Mesin, Konsentrasi Rekayasa Industri, Politeknik Negeri Jakarta,

³ Laboratorium Kimia, PT. Holcim Indonesia Tbk.

e-mail : sugeng.mulyono@mesin.pnj.ac.id

ABSTRACT

Loss On Ignition (LOI) is one of the parameters of cement testing analysis to determine the percentage of substance lost from the sample in a certain time and temperature. LOI cement is mainly caused by loss of water and carbon dioxide content in CaCO₃ (Calcite) carbonate compounds in Limestone at 950°C. .

From the results of this test can be predicted Limestone filler content in cement. Conventional methode of LOI is less efficient because need a relatively long time of about 2 hours and even more. The impact of this problem may lead to delays in production control decision making.

The purpose of this research is to make LOI testing more efficient and also produced Calcite Curve as a secondary method for LOI testing. At PT Holcim Indonesia Laboratory there is Xray Fluorescence (XRF) instrument equipped with Xray Diffraction (XRD) channel which can be used for LOI analysis so that the testing process can be faster.

The implementation method is made by making a correlation between Calcite with LOI and making Calcite calibration curve in channel XRD then sample tested.

From the results of this research trials obtained LOI test results with XRD 7 minutes 34 seconds with accuration percentage is 44,67% and testing with wet method obtained 2 hours 27 minutes 57 seconds. From these results it can be concluded that LOI testing using XRD is 2 hours 20 minutes 23 seconds faster than wet method but not yet accurate. This method is still in the evaluation stage, it is necessary to repair to minimize percent error so that the test result more efficient and accurate, that is by modification of sample preparation or modification of Xray calibration parameter.

Keywords: LOI, Calcite, Calibration curve, XRF, XRD

ABSTRAK

Loss On Ignition (LOI) atau kandungan hilang pijar adalah salah satu parameter analisis pengujian semen untuk mengetahui persentase kandungan zat yang hilang dari sampel dalam waktu dan suhu tertentu. LOI semen terutama disebabkan oleh hilangnya kandungan air dan karbondioksida dalam senyawa karbonat CaCO₃ (Calcite) dalam Limestone pada suhu 950°C. Berdasarkan hasil pengujian ini dapat diprediksi kadar Limestone filler dalam semen, karena bisa dihitung dari kandungan Calcite yang terdapat dalam Limestone filler.

Metode konvensional pengujian LOI kurang efisien karena memerlukan waktu yang relatif lama yaitu sekitar 2 jam bahkan lebih. Dampak dari masalah ini bisa menyebabkan terjadinya keterlambatan dalam pengambilan keputusan kontrol produksi.

Tujuan penelitian ini yaitu untuk membuat pengujian LOI menjadi lebih efisien dan juga dihasilkan Kurva Calcite sebagai metode alternatif untuk pengujian LOI. Di Laboratorium PT Holcim Indonesia terdapat instrument Xray Fluorescence (XRF) yang dilengkapi dengan channel Xray Diffraction (XRD) yang bisa dimanfaatkan untuk analisa LOI sehingga proses pengujiannya bisa lebih cepat.

Metode pelaksanaan dibuat dengan cara membuat korelasi antara Calcite dengan LOI dan pembuatan kurva kalibrasi Calcite di ^{channel} XRD lalu dilakukan uji coba sampel.

Berdasarkan hasil uji coba penelitian ini didapatkan hasil pengujian LOI dengan XRD 7 menit 34 detik dengan tingkat akurasi sebesar 44,67%, dan pengujian dengan metode wet didapatkan 2 jam 27 menit 57 detik. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa pengujian LOI menggunakan XRD lebih cepat 2 jam 20 menit 23 detik dibandingkan dengan metode wet tetapi belum akurat. Metode ini masih dalam tahap evaluasi, diperlukan adanya perbaikan untuk meminimalisir persen error supaya hasil pengujian lebih efisien dan akurat, yaitu dengan cara modifikasi preparasi sampel atau modifikasi parameter kalibrasi Xray.

Kata Kunci : LOI, Calcite, Kurva kalibrasi, XRF, XRD

PENDAHULUAN

Pengujian dalam semen terdapat beberapa parameter, salah satunya yaitu LOI (Loss On Ignition) atau kandungan hilang pijar yang

terdapat dalam semen. Kandungan yang hilang ketika pemijaran yaitu kadar air yang terikat dan juga karbon dioksida (CO₂) yang terdapat dalam karbonat dalam semen [1] . Analisa LOI dalam semen ini salah satunya

bertujuan sebagai parameter acuan yang dipakai untuk pengecekan proporsi *Limestone filler*, karena kadar karbonat tertinggi ada dalam *Limestone filler*. Sehingga dari nilai LOI sudah bisa diprediksi berapa persentase *Limestone filler* yang dipakai dalam semen tersebut.

Pengujian LOI ini biasanya rutin dilakukan untuk semua tipe semen dengan metode konvensional, yaitu wet analysis, yaitu dengan cara dipijarkan suatu sampel semen yang sudah ditimbang terlebih dahulu didalam tanur bersuhu 950°C selama ± 1 jam, lalu didinginkan kemudian ditimbang dan diulangi lagi sampai bobot tetap. Waktu pengerjaannya yang relatif lama juga memiliki faktor error yang cukup banyak diantaranya kebersihan cawan, akurasi neraca, optimasi panas furnace, human error dan lain sebagainya, menjadikan metode ini kurang efisien. Saat ini, industri semen mulai banyak meninggalkan metode ini karena sudah kuno dan mulai beralih ke metode instrument.

Terdapat beberapa metode untuk mengatasi hal itu seperti menggunakan alat instrument yaitu thermogravimetric analysis, tetapi biayanya cukup mahal, sehingga penelitian ini mencoba memanfaatkan instrument yang sudah ada yaitu Xray Fluorescence (XRF) yang sudah dilengkapi Xray Diffraction (XRD) channel yang membaca kristal. XRD ini bisa membaca kristal Calcite (CaCO_3) yang ada dalam semen. Sehingga nilai Calcite ini bisa dikonversi menjadi nilai LOI dengan membuat kurva kalibrasi.

Penelitian ini bertujuan untuk:

- Membuat kurva kalibrasi CaCO_3 menggunakan Program XRD yang akan digunakan sebagai metode alternatif untuk pengujian secondary analisa LOI dalam semen portland tipe 1 menurut ASTM dan SNI, semen *Masonry*, dan semen komposit atau *Portland Composite Cement (PCC)*.
- Efisiensi Waktu analisa.

METODE PENELITIAN

Persiapan Sampel Standar

Sampel standar yang dijadikan untuk penelitian ini yaitu semen OPC (*Ordinary Portland Cement*) keluaran ball mill dan *Limestone* sebagai variasi bahan tambahannya.

Limestone yang digunakan yaitu *Limestone* high grade dengan kadar CaCO_3 sekitar $\pm 92\%$ dan kadar air yang sangat rendah yaitu sekitar $\pm 0,2\%$. Penelitian ini membuat 10 sampel standar campuran semen yang memiliki variasi kandungan *Limestone filler* sehingga bisa mewakili setiap jenis semen serta 1 sampel standar *Limestone*. Penambahan *Limestone filler* yang bervariasi ini dibuat dengan pencampuran menggunakan *herzog mill*, lalu kemudian di press menggunakan *Herzog Press* yang nantinya akan dikalibrasi nilai CaCO_3 dalam XRD berupa pellet.

Uji kadar CaCO_3 pada sampel standar

Metode ini berdasarkan ASTM C114-15 *Standard Test Methods for Chemical Analysis of Hydraulic Cement* di bagian nomer X2.2 merupakan modifikasi metode dari bagian 18.1.1 pada ASTM tentang penetapan CO_2 . Prosedur analisisnya yaitu:

1. Cawan yang sudah diketahui beratnya dan juga yang sudah berisi sampel yang sudah ditimbang dipijarkan pertama pada suhu 550° C selama 2 jam di dalam tanur
2. Setelah didinginkan dalam desikator dan ditimbang, cawan yang berisi sampel tersebut dipijarkan kembali pada suhu 950°C selama 2 jam didalam tanur
3. Terakhir, cawan yang berisi sampel tersebut didinginkan lalu ditimbang seperti langkah no. 2
4. Perbedaan LOI (hilang pijar) setelah pemijaran tersebut dianggap sebagai nilai Karbon dioksida. [2]

Untuk menentukan kadar CaCO_3 dalam semen, maka rumusnya (berdasarkan ASTM C114-15, X2.2 bagian 18.1.1) adalah :

Kadar hilang pijar (LOI) (%) = (Bobot yang hilang / bobot contoh) x 100 (Persamaan 1)

Kadar CO_2 (%) = LOI pada suhu 550°C – LOI pada suhu 950° (Persamaan 2)

Kadar CaCO_3 = (Massa molekul relatif CaCO_3 / Massa molekul relatif CO_2) x % CO_2 (Persamaan 3)

Scanning dan Kalibrasi Kurva Calcite

Scanning dan kalibrasi kurva calcite pada XRD ini menggunakan software OXSAS. Scanning pada XRD bertujuan untuk mengetahui intensitas dari setiap kristal pada

setiap sampel, juga untuk mendeteksi perbedaan kadar CaCO_3 dalam setiap sampel. *Scanning* dilakukan sebelum kurva kalibrasi dibuat, karna data intensitas hasil *Scanning* akan digunakan dalam kalibrasi. *Scanning* awal dilakukan dengan percobaan sampel *limestone* untuk mengetahui intensitas tertinggi calcite yang ada dalam *limestone* beserta panjang gelombang yang sesuai untuk kalibrasi. Selanjutnya *Scanning* dilakukan dengan 10 sampel semen standar mengikuti panjang gelombang yang sudah diatur sebelumnya. Kurva yang dihasilkan diharapkan dapat bermanfaat sebagai metode sekunder untuk analisa *calcite* dalam semen.

Verifikasi dan pengumpulan data

Verifikasi data sampel standar dilakukan dengan menggunakan sampel standard semen 1887b yang sudah diketahui nilai benarnya. Sampel ini diuji kadar CaCO_3 dan LOI nya untuk memastikan metode yang dikerjakan benar dan akurat, dengan cara membandingkan nilai hasil uji dengan nilai benar yang sudah diketahui. Pengumpulan data dilakukan setelah kalibrasi selesai dan telah dihasilkan kurva calcite. Setelah itu dilakukan uji coba menggunakan sampel rutin kemudian data hasil uji di kumpulkan lalu diverifikasi. Data *Calcite* hasil uji coba menggunakan sampel rutin diverifikasi menggunakan data hasil uji LOI metode *wet* analisis. Selain data *Calcite*, diperlukan juga data waktu sebagai parameter optimasi alat tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Persiapan Sampel Standar

Sampel standar yang dibuat yaitu 11, terdiri dari 10 sampel semen campuran variasi *limestone* dan 1 sampel *dry limestone*. Sampel *dry limestone* di

giling terlebih dahulu sampai dihasilkan residue $\pm 20\%$. Sebelum *limestone* digiling, harus dikeringkan terlebih dahulu untuk mengurangi kandungan air, lalu dilakukan uji coba penggilingan untuk mendapatkan residu $\pm 20\%$

Tabel. 1 Hasil uji coba penggilingan

Massa (gr)	Waktu Penggilingan (detik)	Residu (%)
51,9	100	49
50,8	100	59,44
50,3	100	61,43
50,1	100	56,61
50,9	100	59,37
50,5	100	57,41
50,8	50	57,48
50,4	20	24,79
50,2	10	21,27

Dari tabel 1 maka didapatkan waktu penggilingan yang efisien yaitu 10 detik untuk sampel *limestone* 50 gram. Selanjutnya untuk sampel standar semen campuran dibuat menjadi 100 gram per sampelnya. Sehingga jika sesuai dengan persentase campuran semen, misal semen OPC dengan kadar variasi *limestone* 3% dibuat menjadi 100 gram maka 97 gram semen OPC dan 3 gram *limestone* yang sudah digiling tadi.

Uji Kadar CaCO_3 pada sampel standar

Sampel yang diuji dalam penelitian ini yaitu sampel standar yang telah dibuat sebelumnya. Sebanyak 10 sampel standar semen campuran dan 1 sampel *dry limestone* (*Dry LS*) yang sudah mengalami penggilingan. Berikut ini adalah hasil uji CaCO_3 :

Tabel 2. Hasil penimbangan pengujian CaCO_3

	Dry LS	OPC Blanko	OPC +3% LS	OPC +5% LS	OPC +10% LS	OPC +12% LS
Cawan + sampel (gr)	16,9724	17,3283	17,1021	15,3573	18,1173	17,8867
Cawan (gr)	15,9714	16,3283	16,103	14,3594	17,1106	16,8887
Cawan+ residu (550) (gr)	16,9639	17,3226	17,095	15,3504	18,1111	17,8806
Cawan+ residu (950) (gr)	16,5571	17,3028	17,0644	15,3118	18,0514	17,8135

	OPC +15% LS	OPC +20% LS	OPC +25% LS	OPC +30% LS	OPC +40% LS	
Cawan + sampel (gr)	18,0204	15,8157	15,6442	16,0724	16,2624	
Cawan (gr)	17,0231	14,8190	14,6460	15,0730	15,2691	
Cawan+ residu (550) (gr)	18,0132	15,8087	15,6378	16,0660	16,2551	
Cawan+ residu (950) (gr)	17,9352	15,7097	15,5192	15,9267	16,0778	

Kadar CaCO_3 didapat dari perbandingan nilai molekul relatif CaCO_3 dengan nilai molekul relatif CO_2 dikalikan dengan persentase CO_2 yang didapat. Dimana nilai CO_2 merupakan selisih antara nilai LOI pada suhu 550°C dengan LOI pada suhu 950°C .

Berikut perhitungannya: (sampel *dry limestone* sebagai contoh data perhitungan)

Kadar LOI pada suhu 550°C

$$= \frac{\{(\text{cawan+sampel}) - (\text{cawan+residu})\}}{\{(\text{cawan + sampel}) - (\text{cawan})\}} \times 100\%$$

(Persamaan. 1)

$$= \frac{\{(16,9724) - (16,9639)\}}{\{(16,9724) - (15,9714)\}} \times 100\% = \mathbf{0,85\%}$$

Kadar LOI pada suhu 950°C :

$$= \frac{\{(\text{cawan+sampel}) - (\text{cawan+residu})\}}{\{(\text{cawan + sampel}) - (\text{cawan})\}} \times 100\%$$

(Persamaan. 1)

$$= \frac{\{(16,9724) - (16,5571)\}}{\{(16,9724) - (15,9714)\}} \times 100\% = \mathbf{41,49\%}$$

Kadar CO_2 (%):

$$= \text{LOI pada suhu } 550^\circ\text{C} - \text{LOI pada suhu } 950^\circ\text{C}$$

(Persamaan. 2)

$$= 41,49\% - 0,85\%$$

$$= \mathbf{40,64\%}$$

Kadar CaCO_3 :

$$= (\text{Massa molekul relatif } \text{CaCO}_3 / \text{Massa molekul relatif } \text{CO}_2) \times \% \text{CO}_2$$

(Persamaan. 3)

$$= (100 / 44) \times 40,64\% = \mathbf{92,36\%}$$

Sehingga didapat Kadar CaCO_3 dari seluruh sampel yaitu :

Tabel 3. Hasil perhitungan mencari kadar CaCO_3

Nama Sampel	LOI 550°C (%)	LOI 950°C (%)	CO_2 (%)	CaCO_3 (%)
Dry Limestone	0,85	41,49	40,64	92,36
OPC Blanko	0,57	2,55	1,98	4,50
OPC+3%LS	0,71	3,77	3,06	6,95
OPC+5%LS	0,69	4,56	3,87	8,80
OPC+10%LS	0,62	6,55	5,93	13,48
OPC+12%LS	0,61	7,33	6,72	15,27
OPC+15%LS	0,72	8,54	7,82	17,77
OPC+20%LS	0,70	10,64	9,94	22,59
OPC+25%LS	0,64	12,52	11,88	27,00
OPC+30%LS	0,64	14,58	13,94	31,68
OPC+40%LS	0,73	18,58	17,85	40,57

Pada Tabel. 3 terlihat bahwa kadar CaCO_3 tertinggi ada dalam *Limestone* yaitu 92,36%. Kadar CaCO_3 dalam sampel lain juga sesuai dengan persentase variasi *limestone* yang ditambahkan. Untuk memastikan kadar tersebut benar sesuai dengan persentasi

campuran semen dengan *limestone* dalam setiap sampel, maka dilakukan perhitungan LOI Simulasi, yaitu dengan mengalikan persentase material dengan LOI *limestone* dan semen blanko pada suhu 950°C .

Tabel 4. Hasil perhitungan LOI simulasi

LOI Simulasi	OPC + 3%LS	OPC + 5%LS	OPC + 10%LS	OPC + 12%LS	OPC + 15%LS	OPC + 20%LS	OPC + 25%LS	OPC + 30%LS	OPC + 40%LS
LOI Semen	2,47	2,42	2,29	2,24	2,17	2,04	1,91	1,78	1,53
LOI LS	1,24	2,07	4,15	4,98	6,22	8,30	10,37	12,45	16,60
LOI Semen Mix	3,72	4,50	6,44	7,22	8,39	10,34	12,28	14,23	18,13
LOI Hasil Uji	3,77	4,56	6,55	7,33	8,54	10,64	12,52	14,58	18,58

Perhitungan LOI Simulasi:

LOI semen = persentase semen dalam sampel x LOI semen blanko pada suhu 950°C
(Persamaan. 1a)

LOI LS = persentase *limestone* dalam sampel x LOI *limestone* pada suhu 950°C (Persamaan. 2a)

LOI Semen Mix = LOI semen + LOI LS
(Persamaan. 3a)

Contoh Perhitungan (sampel OPC+3% LS sebagai data contoh):

LOI semen = 97 % x 2,55 = 2,47%
(Persamaan. 1a)

LOI LS = 3% x 41,49 = 1,24 %
(Persamaan. 2a)

LOI Semen Mix = 2,47 % + 1,24 % = **3,72 %**
(Persamaan. 3a)

Jika dilihat dari Tabel. 4 LOI hasil uji OPC+3% LS adalah **3,77 %** sedangkan nilai LOI simulasinya adalah **3,72%**, sehingga bisa dinyatakan bahwa campuran sampel benar karena nilai hasil uji LOI sesuai dengan prediksi.

Untuk memastikan pengujian tersebut benar, maka dilakukan pengujian kembali menggunakan sampel standard SRM (Standard Reference Material) 1887b yang sudah diketahui nilai LOI dan CO₂ dengan nilai benar LOI Total atau LOI pada suhu 950°C yaitu 2,12 % dengan toleransi sebesar ± 0,027 dan nilai benar LOI dari suhu 550°C ke suhu 950°C atau sama dengan nilai CO₂ yaitu 0,89 % dengan toleransi sebesar ± 0,14. [3]

Tabel 5. Hasil pengujian SRM 1887b

SRM 1887b	Nilai Hasil Uji	Batas Max	Nilai Referensi	Batas Min
Cawan+sampel (gr)	17,1096			
Cawan (gr)	16,1026			
Cawan+residu (550) (gr)	17,0967			
Cawan+residu (950) (gr)	17,0882			
LOI 550°C (%)	1,28			
LOI 950°C (%)	2,13	2,15	2,12	2,09
CO ₂ (%)	0,84	1,03	0,89	0,75

Dari Tabel. 5 dapat dilihat bahwa hasil pengujian CO₂ dan LOI pada suhu 950°C pada sampel SRM 1887b masih dalam range yang disyaratkan dalam referensi. Sehingga dapat disimpulkan bahwa metode pengujian yang dilakukan benar.

Scanning dan Kalibrasi Kurva Calcite

Scanning dilakukan terhadap 10 sampel standar semen dan 1 sampel standar *dry limestone*. Berikut ini adalah hasil Scanning 11 sampel tersebut.

Gambar 1. Kurva Scanning 11 sampel standar

Berdasarkan kurva Gambar. 1 XRD membaca intensitas tertinggi dan terendah sampel. Dari kurva tersebut dijelaskan bahwa intensitas tertinggi terdapat pada *limestone*. Karena *limestone* memiliki kandungan *calcite* yang lebih tinggi daripada sampel yang lain. *Calcite* dalam *limestone* ini berada pada panjang gelombang 122,5°. Sehingga jika ditarik garis lurus antara panjang gelombang dengan intensitas, *limestone* memiliki intensitas sebesar 3,4828344 kcps. Sedangkan untuk sampel standar yang lain memiliki

intensitas lebih rendah dibanding *limestone*, karena kandungan *calcite*nya lebih sedikit dibandingkan dengan *limestone*. Semakin rendah kandungan *calcite* semakin rendah pula intensitas yang terbaca. Dari kurva tersebut juga digambarkan bahwa semakin rendah intensitasnya semakin tidak terlihat perbedaan yang signifikan, ini diakibatkan oleh efek penggilingan ketika membuat pellet, sehingga kristal yang ada dalam sampel mengalami kerusakan. Intensitas pada setiap sampel bisa dilihat dalam Tabel. 6.

Tabel. 6 Intensitas Sampel standar

Nama Sampel	Intensitas (Kcps)
Dry Limestone	3,4828344
OPC Blanko	0,8018668
OPC+3%LS	0,8460174
OPC+5%LS	0,8755349
OPC+10%LS	0,9461083
OPC+12%LS	0,9971043
OPC+15%LS	1,0392104
OPC+20%LS	1,1164320
OPC+25%LS	1,2225280
OPC+30%LS	1,3151408
OPC+40%LS	1,5469879

Setelah data intensitas dihasilkan, data tersebut dimasukkan kedalam program kalibrasi beserta dengan data CaCO_3 setiap sampel yang sudah dihitung (lihat Tabel. 3). Sumbu x merupakan data

konsentrasi, dalam kasus ini yaitu data CaCO_3 , sedangkan sumbu y merupakan data intensitas dalam Kcps. Sehingga di dapatkan kurva kalibrasi sebagai berikut.

Gambar 2. Kurva Kalibrasi *calcite*

Berdasarkan gambar 2 terlihat bahwa kurva tersebut tidak linear, dari program kalibrasi tersebut didapatkan regresi sebesar 0,972480, dimana kurva tersebut belum sepenuhnya akurat karena regresi yang diharapkan yaitu mendekati

angka 1. Sehingga penelitian ini mencoba untuk mengecualikan salah satu sampel yang memiliki intensitas tetinggi sehinga kurva kalibrasi yang didapat seperti pada gambar. 3

Gambar 3. Kurva kalibrasi *calcite* setelah pengecualian

Setelah pengecualian, terlihat pada gambar. 3 bahwa kurva tersebut linear dan mendapatkan regresi sebesar 0,992398, dimana angka tersebut

lebih mendekati angka 1 dibandingkan dengan regresi sebelumnya

Hasil uji sampel rutin dan perhitungan waktu

Untuk data perhitungan waktu diambil 15 sampel
semen rutin

Tabel 7. Waktu pengerjaan LOI

No	Sampel	Waktu pengerjaan
----	--------	------------------

		LOI Wet	LOI XRD	Selisih
1	Semen A	2:17:56	0:07:36	2:10:20
2	Semen B	2:17:40	0:07:07	2:10:33
3	Semen C	2:17:33	0:07:20	2:10:13
4	Semen D	2:17:09	0:06:53	2:10:16
5	Semen E	2:35:39	0:07:29	2:28:10
6	Semen F	2:35:03	0:07:30	2:27:33
7	Semen G	2:35:10	0:08:13	2:26:57
8	Semen H	2:34:44	0:07:27	2:27:17
9	Semen I	2:35:11	0:08:16	2:26:55
10	Semen J	2:34:47	0:07:16	2:27:31
11	Semen K	2:28:28	0:08:09	2:20:19
12	Semen L	2:27:29	0:07:38	2:19:51
13	Semen M	2:27:45	0:07:33	2:20:12
14	Semen N	2:27:30	0:07:38	2:19:52
15	Semen O	2:27:11	0:07:23	2:19:48
Rata rata		2:27:57	0:07:34	2:20:23

Dari tabel. 7 bisa dilihat bahwa waktu pengerjaan Analisa LOI menggunakan XRD lebih efisien dibandingkan dengan waktu pengerjaan LOI Metode *wet*. Secara keseluruhan, Pengerjaan LOI

bisa menghemat waktu sebanyak 2 jam 20 menit 23 detik.

Sampel rutin yang di uji yaitu semen masonry, semen PCC, dan semen OPC tipe ASTM dan SNI.

Tabel 8. Hasil Uji coba sampel semen

No	Jenis Semen	Type	LOI Wet (%)	CaCO ₃ (new curve) %	LOI Konversi (%)	Selisih (%)
1	Semen Masonry	SNI 15-3758	13,5	25,01	11,00	2,50
2	Semen Masonry	SNI 15-3759	13,31	24,73	10,88	2,43
3	Semen PCC	ASTM 1157 GU	11,1	22,1	9,72	1,38
4	Semen PCC	ASTM 1157 GU	11,5	23,18	10,20	1,30
5	Semen PCC	ASTM 1157 GU	11,1	23,03	10,13	0,97
6	Semen PCC	ASTM 1157 GU	11,2	22,99	10,12	1,08
7	Semen PCC	ASTM 1157 GU	11,13	22,44	9,87	1,26
8	Semen PCC	ASTM 1157 GU	11,2	22,37	9,84	1,36
9	Semen PCC	ASTM 1157 GU	11,5	23,78	10,46	1,04
10	Semen PCC	ASTM 1157 GU	11,2	22,33	9,83	1,37
11	Semen PCC	ASTM 1157 GU	11,09	22,16	9,75	1,34
12	Semen PCC	ASTM 1157 GU	11,38	24,56	10,81	0,57
13	Semen OPC	ASTM C150 I	2,3	4,75	2,09	0,21
14	Semen OPC	ASTM C150 I	2,1	4,87	2,14	-0,04
15	Semen OPC	ASTM C150 I	2,1	5,24	2,31	-0,21
16	Semen OPC	ASTM C150 I	2,1	6,50	2,86	-0,76
17	Semen OPC	ASTM C150 I	2	5,48	2,41	-0,41
18	Semen OPC	ASTM C150 I	2,3	5,21	2,29	0,01
19	Semen OPC	ASTM C150 I	2,33	4,94	2,17	0,16
20	Semen OPC	ASTM C150 I	2,33	5,57	2,45	-0,12
21	Semen OPC	ASTM C150 I	2,3	5,83	2,57	-0,27

22	Semen OPC	SNI TIPE I	3,42	6,66	2,93	0,49
23	Semen OPC	SNI TIPE I	3,6	7,53	3,31	0,29
24	Semen OPC	SNI TIPE I	3,3	7,55	3,32	-0,02
25	Semen OPC	SNI TIPE I	3,6	6,74	2,97	0,63
26	Semen OPC	SNI TIPE I	3,5	7,91	3,48	0,02
27	Semen OPC	SNI TIPE I	3,6	7,83	3,45	0,15
28	Semen OPC	SNI TIPE I	3,7	7,44	3,27	0,43
29	Semen OPC	SNI TIPE I	4	7,96	3,50	0,50
30	Semen OPC	SNI TIPE I	3,34	6,36	2,80	0,54

Berdasarkan Tabel. 8 dijelaskan bahwa untuk jenis semen masonry dan semen PCC belum akurat, karena selisih perbedaannya masih lebih dari 0,5%, sedangkan untuk jenis semen OPC cenderung akurat karna hanya terdapat 4 sampel saja yang memiliki selisih lebih dari 0,5%. Berdasarkan tabel 6, terdapat nilai 14 sampel yang mendekati nilai wet dari 30 sampel, Secara keseluruhan, akurasi kurva *calcite* yaitu sebesar :

$$= (14/30) \times 100\% = 46,67\%$$

Tetapi jika untuk semen OPC saja, terdapat 14 sampel yang mendekati nilai wet dari 18 sampel semen OPC, maka ke akurasi kurva tersebut sebesar:

$$= (14/18) \times 100\% = 77,78\%$$

KESIMPULAN

Hasil penelitian ini disimpulkan bahwa waktu analisa LOI XRD lebih cepat dibandingkan LOI metode wet, dari waktu 2 jam 27 menit 57 detik menjadi 7 menit 34 detik, artinya bisa menghemat waktu sebanyak 2 jam 20 menit 23 detik. Akurasi kurva secara keseluruhan sebesar 46,67 %, tetapi untuk akurasi semen OPC sebesar 77,78%, akurasi kurva tersebut bisa diatasi dengan cara modifikasi parameter xray atau modifikasi preparasi sampel.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada departemen Laboratorium *Technical* PT Holcim Indonesia yang telah memberi kesempatan dan fasilitas sehingga penelitian dapat dilaksanakan..

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Rudianto, "TEMPAT BERBAGI ILMU, HILANG PIJAR," 6 10 2010. [Online]. Available: <https://rdianto.wordpress.com/2010/10/06/hilang-pijar/>.
- [2] "Standard Test Method for Chemical Analysis of Hydraulic Cement". United States Patent C114-15, 15 April 2015.
- [3] C. A. Gonzales dan R. L. Watters, "Certificate of Analysis, Standard Reference Materials 1887b". Paten MD 20899, 17 December 2013.