

## PENGARUH PENAMBAHAN FLY ASH TERHADAP KUALITAS SEMEN DI PT. SEMEN BATURAJA Tbk


Ana Maghpiroh<sup>\*1</sup>, Damayanti Iskandar<sup>2</sup>, Novadri Anaser<sup>3</sup>, Safaruddin Tohir<sup>4</sup>

<sup>1,2</sup> Universitas Islam Negeri Raden Fatah Palembang, Indonesia

<sup>3</sup> SM Field supervisor TP. Semen Baturaja Tbk, Indonesia

<sup>4</sup> SMBR Learning Development TP. Semen Baturaja Tbk, Indonesia

Corresponding Author: [maghpirohana@gmail.com](mailto:maghpirohana@gmail.com)

<p><b>Info Article</b>  Received :  08 Juni 2022  Revised :  11 Juli 2023  Accepted :  03 Agustus 2023  Publication :  31 Agustus 2023</p>	<p><b>Abstract:</b> <i>Fly Ash or fly ash is solid waste produced from burning coal in power plants. Fly Ash was previously obtained from the simple production of burning coal with a gas funnel and dispersed into the atmosphere. The use of Fly Ash in OPC type cement has been carried out with varying percentages of 2%, 4%, 6%, 8%, 10%, 12%, 14%. The test was carried out by adding an additive (Fly Ash) to the basic material for making OPC cement. Next, testing the composition of the properties of Fly Ash using X-ray, testing the physical properties of cement, namely testing compressive strength and setting time, while testing the chemical properties of cement was carried out using the Insoluble Parts and SO<sub>3</sub> tests. From the results of this research, it was found that the addition of Fly ash had a positive impact on compressive strength, cement setting time, and SO<sub>3</sub>. Where the addition of Fly ash from low to high percentages can increase the fineness of the cement so that it affects the setting time and compressive strength of the cement. From this research, it was found that the addition of additives (Fly ash) can improve the quality of OPC cement, and in general it is not much different from the physical properties of PCC cement.</i></p>
<p><b>Keyword:</b>  Fly Ash Addition,  Cement Quality,  Baturaja</p> <p><b>Kata Kunci:</b>  Penambahan Fly  Ash, Kualitas  Semen, Baturaja</p>	<p><b>Abstrak:</b> Fly Ash atau abu terbang merupakan limbah padat yang dihasilkan dari pembakaran batubara pada pembangkit listrik. Fly Ash dahulu diperoleh dari produksi pembakaran batubara secara sederhana dengan corong gas dan menyebar ke atmosfer. Penggunaan Fly Ash terhadap semen tipe OPC telah dilakukan dengan variasi persentase 2%, 4%, 6%, 8%, 10%, 12%, 14%. Pengujian dilakukan dengan penambahan zat aditif (Fly Ash) pada material dasar pembuatan semen OPC. Selanjutnya pengujian komposisi sifat dari Fly Ash dengan X-ray, pengujian sifat fisika semen yaitu pengujian kuat tekan dan waktu pengikatan sedangkan pengujian sifat kimia semen dilakukan dengan uji Bagian Tak Larut dan SO<sub>3</sub>. Dari hasil penelitian ini diperoleh penambahan Fly Ash memberikan dampak positif pada kuat tekan, waktu pengikatan semen, dan SO<sub>3</sub>. Dimana penambahan Fly Ash dari persentase rendah hingga ke tinggi dapat meningkatkan kehalusan semen sehingga berpengaruh pada waktu pengikatan dan kuat tekan semen. Dari penelitian ini didapatkan bahwa penambahan zat aditif (Fly Ash) dapat meningkatkan kualitas semen OPC dan secara umum tidak jauh berbeda dengan sifat fisika semen PCC.</p>
<p><b>Licensed Under a</b>  Creative Commons  Attribution 4.0  International  License</p> 	

## PENDAHULUAN

Pada tahun 1989, total abu yang dihasilkan dari pembakaran batu bara di seluruh dunia mencapai 440 miliar ton. Sekitar 75 persen adalah abu terbang. Produsen utama adalah negara-negara bekas Uni Soviet (99 miliar ton), diikuti Cina (55 miliar ton), Amerika Serikat (53 miliar ton) dan India (40 miliar ton). Produksi abu ini terus meningkat dari tahun ke tahun. Cina sendiri menghasilkan lebih dari 110 miliar ton abu di tahun 2000, dengan total produksi abu dunia tahun 2000 mencapai angka 661 miliar ton. Tingkat pemanfaatan abu terbang dalam produksi semen saat ini masih tergolong amat rendah. Cina memanfaatkan sekitar 15 persen, India kurang dari lima persen, untuk memanfaatkan abu terbang dalam pembuatan beton. Abu terbang ini sendiri, kalau tidak dimanfaatkan juga bisa menjadi ancaman bagi lingkungan. Karenanya dapat dikatakan, pemanfaatan abu terbang akan mendatangkan efek ganda pada tindak penyelamatan lingkungan, yaitu penggunaan abu terbang akan memangkas dampak negatif kalau bahan sisa ini dibuang begitu saja dan sekaligus mengurangi penggunaan semen Portland dalam pembuatan beton (Hardjito, 2001)

Abu batubara merupakan bagian dari sisa pembakaran batubara yang berbentuk partikel halus amorf. Abu tersebut merupakan bahan anorganik yang terbentuk dari perubahan bahan mineral (mineral matter) karena proses pembakaran. Proses pembakaran batubara pada unit pembangkit uap (boiler) akan membentuk dua jenis abu, yaitu abu terbang (fly ash) dan abu dasar (bottom ash). Komposisi abu batu bara terdiri dari 10-20 % abu dasar dan 80-90% berupa abu terbang. Abu terbang ditangkap dengan electric precipitator sebelum dibuang ke udara melalui cerobong (Setiawati, 2018)

Fly ash atau abu terbang merupakan limbah dari hasil pembakaran batubara yang digunakan sebagai bahan tambahan pembuatan semen karena sebagian besar kandungannya terdiri dari oksida-oksida silika ( $\text{SiO}_2$ ), aluminium oksida ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), besi ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) dan kalsium oksida ( $\text{CaO}$ ) (Nugraha & Antoni, 2007)

Begitu banyak limbah fly ash yang dihasilkan dari proses pembakaran batubara itu. Melihat begitu banyaknya limbah yang dihasilkan, maka masalah yang timbul adalah bagaimana memanfaatkan limbah tersebut agar tidak mencemari lingkungan dan bila perlu limbah tersebut menjadi sesuatu yang bernilai ekonomis.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kandungan nilai oksida dalam fly ash dengan menggunakan instrumentasi xray dan kadar  $\text{SO}_3$  nya pada uji Ir (Insoluble residue) serta kualitas semen dengan menggunakan metode mortar dan setting time.

Pengujian fly ash dilakukan dengan berbagai persentase untuk melihat nilai kuat tekan terhadap mortar dan setting time pada kualitas semen. Saat ini, pengujian Fly Ash dengan berbagai persentase dengan menggunakan metode Ir (Insoluble residue) dan instrumentasi xray masih jarang ditemukan. Hal ini disebabkan karena belum banyak informasi mengenai kandungan Fly Ash dan pengujiannya. Maka dari itu perlu dilakukan informasi ilmiah terkait pengujian pada Fly Ash yang dihasilkan terhadap kualitas semen.

## **METODE**

Bahan yang digunakan dalam analisa pengaruh penambahan Fly Ash terhadap kualitas semen diantaranya :

a. Pengujian Xray.

Fly Ash kering, Tablet grindin aid

b. Pengujian IR (insouble residue) & Sulfur trioksida (SO<sub>3</sub>).

Fly Ash dari Pusri (Pupuk Sriwidjaja) Palembang, Semen Opc, Aquades, Aquades panas, HCl, NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> 2%, Indikator mm, BaCl<sub>2</sub>, NaOH, kertas saring whatman 41 dan 42.

c. Pengujian Mortar & Setting Time.

Semen Opc yang telah homogen dengan Fly Ash, Pasir otawa, dan Aquades

Alat yang digunakan dalam analisa pengaruh kadar oksida fly ash terhadap kualitas semen diantaranya :

a. Pengujian Xray.

Xray spectrometer, Grinding mill, Ring Tablet, vacuum cleaner, Mesin press(Press Machine), mangkok stainless steel., neraca analitik.

b. Pengujian IR (insouble residue) & Sulfur trioksida (SO<sub>3</sub>).

Hotplate, Furnace, timbangan analitik, spatula, batang pengaduk, cawan porselen, glass beaker 250 ml, glass arloji, corong pemisah, sarung tangan kain.

c. Pengujian Mortar & Setting Time.

Alat vicat, stopwatch, gelas ukur kapasitas 250 ml, pisau pengiris, mesin pengaduk, wadah pengaduk, batang pengaduk, spatula pengaduk, cincin konik, plat kaca, kain, mixer semen, cetakan sampel mortar, mesin kuat tekan, ruang lembab.

### **Prosedur Penelitian**

a. Laboratorium Xray.

Dikeringkan Fly Ash secukupnya diatas hotplate sekitar 1 jam jika sudah kering didinginkan lalu ditimbang sebanyak 12 gram dalam mangkok stainless steel dan

ditambahkan 3 tablet grinding mill. Dimasukkan dalam vibrating disc mill vessel dan ditutup dipasang pada vibrating disc mill untuk digiling.

Penggilingan dilakukan dengan menekan tombol ON pada vibrating disc mill. Ring tablet yang sudah dibersihkan dengan vacuum cleaner diletakkan diatas press machine kemudian dituangkan sampai penuh sampel yang digiling. Kemudian tombol ON pada alat press ditekan lalu tunggu hingga alat berhenti secara otomatis. Setelah itu buka tutup mesin press dan debu disekitar ring tablet dibersihkan dengan vacuum cleaner dan sampel dikeluarkan dan siap untuk diuji

Tablet yang sudah dibuat dimasukkan pada Sample Holder di X-Ray Cabinet Sample Holder ditempatkan pada Sample Chamber dengan nomor tertentu. Kursor computer diposisikan pada icon menu utama "LAB" dan diklik kemudian secara berurutan:

1. Diklik "Login Sample"
2. Diklik nama sampel, Clay (hal ini dikarenakan Fly Ash memiliki karakteristik yang sama dengan tanah liat)
3. Diklik OK
4. Diklik Analyze
5. Diklik nomor sampel holder dan diklik XRF 1, maka sampel akan berlangsung secara otomatis selama 21 detik.
6. Setelah 21 detik hasil analisa lengkap tampil pada layar monitor dan diamati hasil kadar oksida dari Fly Ash tersebut. Terdapat komposisi ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ , LOI)

b. Mortar

Mortar didefinisikan sebagai campuran material yang terdiri dari agregat halus (pasir), air suling dan semen portland dengan komposisi tertentu. Bahan pengikat antara semen dan air bereaksi secara kimia sehingga membuat suatu bahan yang padat dan tahan lama. Syarat mortar untuk bahan adukan cukup plastis, sehingga mudah untuk dikerjakan, dapat menghasilkan rekatan dan lekatan yang baik, dapat membagi tegangan tekan secara merata serta tahan lama. Pada pengujian dilakukan dengan persentase yang berbeda-beda yaitu 2%, 4%, 6%, 8%, 10%, 12%, 14%.

1. Pencetakan dan pengadukan sampel.

Menyiapkan sampel pada komposisi tertentu untuk pembuatan benda uji.

Masukkan air kemangkuk aduk. Kemudian masukan semen ke dalam mangkuk

pengaduk. Menjalankan mesin pengaduk dengan kecepatan rendah (140 + 5 rpm) selama 30 detik. Kemudian masukan pasir otawa secara perlahan-lahan selama 30 detik selanjutnya diganti dengan kecepatan sedang (28 + 10 rpm) selama 30 detik. Hentikan mesin kemudian menunggu selama 90 detik dan kemudian dibersihkan dinding mangkuk. Jalankan kembali mesin dengan kecepatan sedang selama 60 detik. Dihentikan mesin dan tunggu selama 90 detik kemudian bersihkan dinding mangkuk.

Lalu dijalankan mesin dengan kecepatan sedang selama 15 detik. Setelah pengadukan selesai, segera melakukan pencetakan kubus dengan waktu tidak lebih dari 2 menit dan 30 detik, setelah selesai pengadukan.

Menyimpan segera benda cetakan dan benda uji dalam ruang lembab selama 20 - 40 jam. Membuka cetakan, kemudian menyimpan benda uji dalam air kapur untuk perlakuan umur 3 hari, 7 hari dan 28 hari. Melakukan pengujian kuat tekan. Kecepatan penekanan tidak kurang dari 20 detik dan tidak lebih dari 80 detik.

## 2. Pencetakan benda uji.

Memulai pencetakan benda uji dengan waktu tidak lebih dari 2 menit dan 30 detik setelah selesai pengadukan. Tempatkan lapisan mortar setebal + 25 mm (kira-kira 1/2 kedalaman cetakan) pada semua ruang cetakan kubus. Tumbuk mortar dalam masing-masing ruang kubus sebanyak (4 x 8) tumbukan dalam waktu + 10 detik, tumbukkan pada putaran ke-2 putaran selanjutnya, harus tegak lurus terhadap putaran tumbukkan terdahulu dan terdiri atas 8 tumbukkan yang berdekatan satu sama lain pada permukaan benda uji.

Tekanan penumbukkan harus cukup untuk menyakinkan pengisian cetakan serba sama. Penumbukkan yang terdiri dari 4 putaran (32 tumbukan) harus selesai untuk satu kubus sebelum dilanjutkan ke kubus yang lainnya. Bila penumbukkan lapisan pertama pada semua ruang kubus telah selesai, isilah kubus dengan sisa mortar dan kemudian ditumbuk seperti pada lapisan yang pertama tadi. Selama penumbukkan lapisan usahakan agar mortar yang mencuat ke atas cetakan, dikembalikan ke cetakan setelah setiap putaran penumbukkan selesai, dengan jalan menggunakan sarung tangan. (Sumber: SNI 15-3500-2004)

## 3. Penyimpanan benda uji.

Segera setelah pencetakan benda uji selesai, menempatkan benda uji dalam ruang lembab, menjaga agar benda uji segera setelah pencetakan berada dalam cetakan yang disimpan di atas dasar pelat di dalam ruangan lembab selama (20-24)

jam, dengan permukaan atasnya kontak dengan udara lembab tetapi harus dihindarkan dari tetesan air. Bila benda uji dikeluarkan dari cetakan sebelum 24 jam, menjaga agar benda uji selalu berada dalam ruang lembab sampai umur pengujian 24 jam. Kemudian merendam sampel (kecuali untuk pengujian 24 jam) dalam ruang penyimpanan yang terbuat dari bahan yang tidak berkarat dan berisi air kapur jenuh, jaga agar air di dalam ruang tetap jernih, bila perlu diganti airnya.

### c. Setting Time

Uji setting time dilakukan untuk mengetahui waktu yang diperlukan oleh semen untuk mengalami pengerasan. Yang mana setting time yang diperlukan semen untuk mengeras dihitung saat semen mulai bereaksi dengan air sehingga menjadi pasta semen yang cukup kaku untuk menahan beban. Setting time ini dibedakan menjadi 2 yaitu :

1. Waktu ikat awal (initial setting time). Dimana waktu dari pencampuran semen dengan air menjadi pasta semen hingga mulai hilang sebagian sifat keplastisannya, pengikatan ini berkisar 1-2 jam
2. Waktu ikat akhir (final setting time)
3. Waktu antara terbentuknya pasta semen hingga mengeras, pengikatan ini tidak boleh lebih dari 8 jam.

Prosedur pengujian setting time sebagai berikut :

Prosedur yang digunakan sesuai dengan SNI. Disiapkan 650 gram semendan sejumlah air pencampur yang telah terukur kemudian lakukan langkah berikut :

1. Tempatkan batang dan wadah pengaduk dimesin pengaduk.
2. Memasukkan seluruh air pencampur tersebut dan semen lalu di diamkan selama 30 detik agar air teresap sempurna dalam semen.
3. Jalankan mesin dengan kecepatan rendah selama 30 detik.
4. Hentikan mesin selama 15 detik. Selama waktu tersebut bersihkan pasta yang melekat pada dinding wadah menggunakan alat spatula pengaduk.

Jalankan mesin pengaduk dengan kecepatan sedang dan aduk selama 1 menit.

1. Pembuatan benda uji
  - a) Bentuk pasta semen menyerupai bola dengan tangan menggunakan sarung tangan.
  - b) Lempar-lempar bola pasta diantara kedua telapak tangan dengan jarak lemparan 150mm sebanyak 6 kali.

- c) Tekan bola istirahatkan sejenak pada satu telapak tangan dan masukkan ke dalam cincin yang berlubang besar. Pegang cincin dengankedua belah tangan lalu sempurnakan pengisian cincin dengan pasta.
  - d) Buang kelebihan pasta pada akhir lubang besar dengan satu gerakan telapak tangan.
  - e) Letakkan akhir lubang cincin yang besar diatas pelat dan iris kelebihan pasta pada akhir lubang cincin yang kecil (bagian atas dan cincin) dengan satu kalu gerakan dengan posisi pisau sedikit miring.
  - f) Ratakan permukaan benda uji, bila perlu satu kali atau dua kali sentuhansampai permukaan mengkilap. Hindari tekanan pada pasta selampengerjaan.
2. Penentuan konsistensi
- a) Letakkan batang peluncur B ditengah-tengah pasta dalam cincin.
  - b) Tempelkan ujung batang peluncur C pada permukaan pasta dankuncilah baut E.
  - c) Atur skala indikator F pada tanda nol dan skala.
  - d) Lepaskan batang peluncur paling lama 30 detik setelah selesai pembuatan pasta alat harus bebas dari getaran selama pengujian.
  - e) Pengerjaan ini dilakukan dengan memakai persetasi air yang bervariasisehingga tercapai konsistensi normal.
3. Penentuan waktu ikat
- a) Simpan benda uji dalam ruang lembab selama 30 menit.
  - b) Nolkan skala penetrasi dan turunkan jarum D sampai tepat menempel pada permukaan pasta semen.
  - c) Kencangkan baut E dan atur indikator F diatas skala, tepatkan pada skala 0.
  - d) Bebaskan batang dengan melonggarkan baut E secara cepat dan biarkan jarum turun selama 30 detik kemudian baca skala tersebut.
  - e) Tentukan penetrasi dengan menggunakan jarum vicat diameter 1mm. Ulangi setiap 15 menit sekali hingga mencapai penetrasi 25. Lanjutkan pengukuran setiap 15 menit sampai mencapai pengikatan akhir.
  - f) Catat hasil pengujian penetrasi pada setiap periode pengujian kemudiantentukan waktu pengikatan awal dan waktu pengikatan akhir dengan seksama.
- d. IR (Insouble Residue)
- Metode yang digunakan berdasarkan pengujian SNI yang mana dengan cara mengambil 1 gram sampel, setelah itu dimasukkan ke dalam gelas kimia 250 mL,

ditambahkan 25 mL air dan 5 mL HCl. Letakkan didekat area panas dan tekan-tekan dengan batang pengaduk kaca sampai terurai sempurna.

Larutan diencerkan sampai dengan 50 mL dengan air panas dan panaskan di atas tungku pemanas sampai mendekati titik didih. Saring melalui kertas saring berpori medium ke dalam gelas kimia 250 mL, setelah itu cuci gelas kimia, kertas saring dan endapan 10 kali dengan air panas dan filtrat digunakan untuk penetapan SO<sub>3</sub>. Pindahkan kertas saring dan endapan ke dalam gelas kimia yang baru, tambahkan 50 mL larutan NaOH dan didigest pada suhu hampir mendidih. Selama didigest sekali-sekali aduk campuran dan hancurkan kertas saring dengan batang pengaduk.

Asamkan larutan dengan HCl berlebih (4-5) tetes dan tambahkan metil merah sebagai indikator. Saring dengan kertas saring ukuran 41 lalu cuci endapan sekurang-kurangnya 14 kali dengan berpori medium dan larutan pereaksi NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> panas secukupnya sampai terlihat putih kembali untuk meyakinkan bahwa kertas saring dan isinya tercuci sempurna. Kertas saring dan isinya dimasukkan ke dalam krusibel yang telah diketahui beratnya. Bakar dan dipijarkan pada suhu (900-1.000)°C selama 1 Jam. Dinginkan dalam desikator kemudian timbang kadar bagian tak larut dengan perhitungan ketelitian 0,01%.

Rumus perhitungan bagian tak larut sebagai berikut :

$$\% \text{ bagian tidak larut} = \frac{\text{Berat endapan}}{\text{Berat sampel}} \times 100$$

e. Sulfur Trioksida (SO<sub>3</sub>)

Metode yang digunakan berdasarkan pengujian SNI dengan cara mengambil larutan hasil filtrat dari insoluble residue pertama dapat digunakan untuk penetapan SO<sub>3</sub> setelah itu panaskan di tungku pemanas hingga mendidih. Tambahkan perlahan-lahan tetes demi tetes 10 mL BaCl<sub>2</sub> dan lanjutkan pendidihan hingga endapan terbentuk sempurna.

Digest larutan selamapada suhu hampir mendidih. Saring melalui kertas saring berpori halus, cuciendapan dengan air panas, letakkan kertas saring dan isinya dalam krusibel yang telah ditimbang. Endapan dipijarkan dan ditimbang sebagai BaSO<sub>4</sub> (barium sulfat) dan dihitung kesetaraan SO<sub>3</sub> pada suhu (900-1000)°C, dinginkan dalam desikator dan timbang kadar SO<sub>3</sub> dengan ketelitian 0,01%. Rumus perhitungan SO<sub>3</sub> sebagai berikut :

$$\% \text{ SO}_3 = W \times 34,3$$

Keterangan :

W = gram BaSO<sub>4</sub> terhadap sampel

34,3 = perbandingan molekul SO<sub>3</sub> terhadap BaSO<sub>4</sub> (0,343) dikalikan 100

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Penelitian

Pengujian yang dilakukan adalah pengujian XRF yang mana untuk mengetahui kandungan kadar Oksida yang dimiliki oleh Fly Ash (Pusri Palembang). Dan terdapat juga pengujian parameter kimia yaitu untuk pengendalian kualitas semen dengan metode setting time, kuat tekan (mortar), IR, dan SO<sub>3</sub>. Pengujian dilakukan dengan zat aditif (Fly Ash) yang berasal dari pusri Sriwidjaja Palembang dengan berbeda persentase diantaranya 2%, 4%, 6%, 8%, 10%, 12%, 14%. Pada pengujian ini menggunakan semen Opc Tipe 1 dikarenakan semen Opc belum ada campuran Fly Ash nya dan dapat dilakukan pengujian.

#### 1. Analisa komposisi Fly Ash dengan alat Xray.

Pengujian komposisi kimia dapat dilakukan dengan menggunakan xrf, pengujian komposisi kimia bertujuan untuk mengetahui komposisi yang terkandung di dalam semen. Komposisi yang terkandung ini akan mempengaruhi kualitas semen yang akan dibuat. Dalam penentuan komposisi kimia yang ada dalam penambahan Fly Ash seperti kadar SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>O, CaO, MgO, LOI, SO<sub>3</sub>. Hasil nilai kadar Oksida Fly Ash menggunakan X-Ray dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 1. Data hasil pengamatan komposisi oksida Fly Ash Pusri Palembang

No	Komposisi Fly Ash	Nilai %
1.	SiO <sub>2</sub>	49,21%
2.	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16,22%
3.	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,49%
4.	K <sub>2</sub> O	0,50 %
5.	CaO	7,37 %
6.	MgO	1,72 %
7.	LOI	7,66 %
8.	SO <sub>3</sub>	0,00 %

Sumber : Data diolah 2023

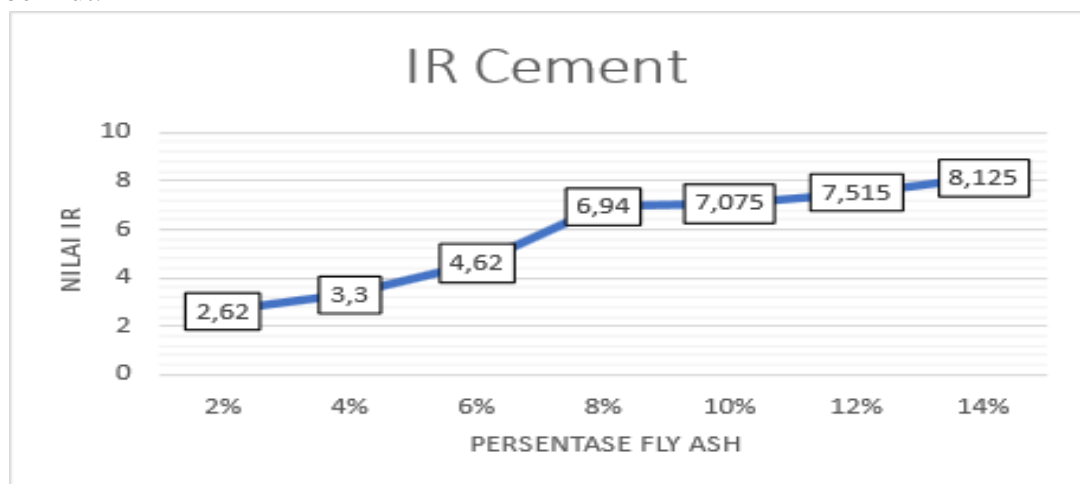
Dari data diatas dapat dilihat bahwa nilai Oksida Fly Ash Pusri Palembang memiliki komposisi unsur SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>O, CaO, MgO, LOI, dan SO<sub>3</sub>.

Pada tabel menunjukkan bahwa kandungan unsur paling dominan adalah Silika( $\text{SiO}_2$ ) dimana memiliki nilai persen yang paling tinggi dibandingkan dengan unsur-unsur lainnya. Dan nilai Kadar  $\text{MgO}$  bebas dalam semen dibatasi paling tinggi 2% dan akan bereaksi dengan air, yang mana reaksi ini berlangsung sangat lambat, sedangkan proses pengerasan semen sudah selesai dan  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  menempati ruang yang lebih besar dari  $\text{MgO}$  dan hal ini akan menyebabkan terpecahnya pasta semen yang sudah mengeras sehingga akan menimbulkan keretakan pada hasil penyemenan. Nah dapat dilihat bahwa pada data Xray diatas memiliki data sebesar 1,72 % hal ini diartikan unsur  $\text{MgO}$  yang terdapat dalam Fly Ash kemungkinan tidak menimbulkan keretakan pada hasil penyemenan.

Pada saat pengujian Xray dilakukan sistem dengan memilih program clay, karena sistem Fly Ash tidak ada dalam Xray hal ini dikarenakan dipilih program clay yang mana clay (tanah liat) ini memiliki karakteristik yang sama dengan Fly Ash. Sifat- sifat kimia yang dimiliki Fly Ash dan tanah liat memiliki kesamaan yaitu silika dan alumina yang apabila bereaksi dengan kalsium oksida yang terkandung dalam tanah liat dapat membentuk senyawa stabil yang mempunyai sifat mengikat (Huda dan Hastuti, 2012)

## 2. IR (insouble Residue)

Insouble Residue atau bagian tidak larut adalah zat pengotor yang tetap tinggal setelah semen tersebut direaksikan dengan asam klorida ( $\text{HCl}$ ). Pengujian kadar IR ini dilakukan untuk mengetahui kadar bahan pengotor dalam semen, dimana semakin besar kadar IR berarti pemakaian bahan ketiga semakin banyak. Prinsip dari penentuan IR ini adalah dengan mendigest sampel dalam  $\text{HCl}$  residu yang diperoleh dipijarkan dan ditimbang. Berdasarkan hasil pengujian dapat dilihat pada grafik berikut:

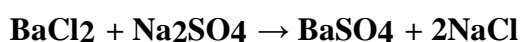


Gambar 1 .Grafik hasil pengujian IR dengan berbeda persentase Berdasarkan hasil grafik diatas dapat dilihat bahwa kadar IR dari Fly Ash pada komposisi yang berbeda persentase semakin meningkat. Dari grafik tersebut dapat diketahui bahwa semakin banyak penambahan Fly Ash pada semen maka akan semakin tinggi kadar IR. Jika persentase kadar IR dicocokkan dengan ketentuan SNI yang berlaku yaitu maksimal 7% jelas bahwa sampel semen yang dianalisa mulai dari variabel awal yaitu 2% hingga ke variabel 12 % mempunyai kualitas yang baik karena tidak melewati batas susunan oksida dalam semen yang ditetapkan.

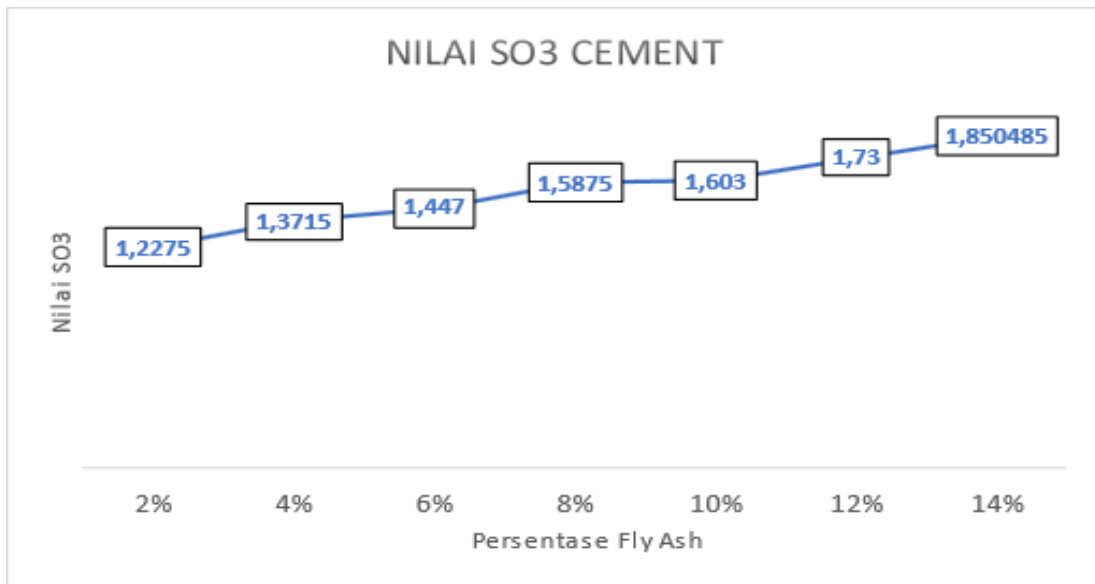
Namun pada penambahan Fly Ash 14% mempunyai kualitas yang buruk karena melewati batas susunan oksida dalam semen yang ditetapkan. Yang mana pada kadar IR ini berpengaruh pada kuat tekan semen itu sendiri, semakin banyak % IR maka kuat tekan semen itu akan semakin rendah dan kualitasnya juga rendah. Akan tetapi bahwa IR yang tinggi bukan satu-satunya faktor yang memengaruhi kuat tekan dan kualitas semen. Komposisi kimia semen, proporsi campuran, waktu pengeringan, dan kondisi pengerasan juga sangat berpengaruh. Oleh karena itu, IR yang tinggi bukan satu-satunya penyebab rendahnya kuat tekan atau kualitas semen, tetapi bisa menjadi indikasi masalah dalam komposisi atau kualitas bahan baku yang digunakan dalam produksi semen.

### 3. Sulfur Trioksida (SO<sub>3</sub>)

Dalam analisis ini digunakan 2 buah kertas saring dengan tingkat kehalusannya yang berbeda. Penyaringan pertama digunakan kertas saring Whatman 41. Filtrat yang diperoleh dipanaskan dan ditambahkan larutan BaCl<sub>2</sub> kemudian filtrat yang telah mengandung endapan tersebut disaring kembali dengan kertas saring Whatman 42. Prinsip dari analisis ini adalah sulfat diendapkan sebagai BaSO<sub>4</sub> dari larutannya yang asam dan panas dengan larutan BaCl<sub>2</sub>, endapan disaring, dicuci dan ditimbang sebagai BaSO<sub>4</sub> (Austin. 1996). Berikut reaksi yang terjadi dalam proses ini



Berdasarkan hasil pengujian dapat dilihat grafik berikut:



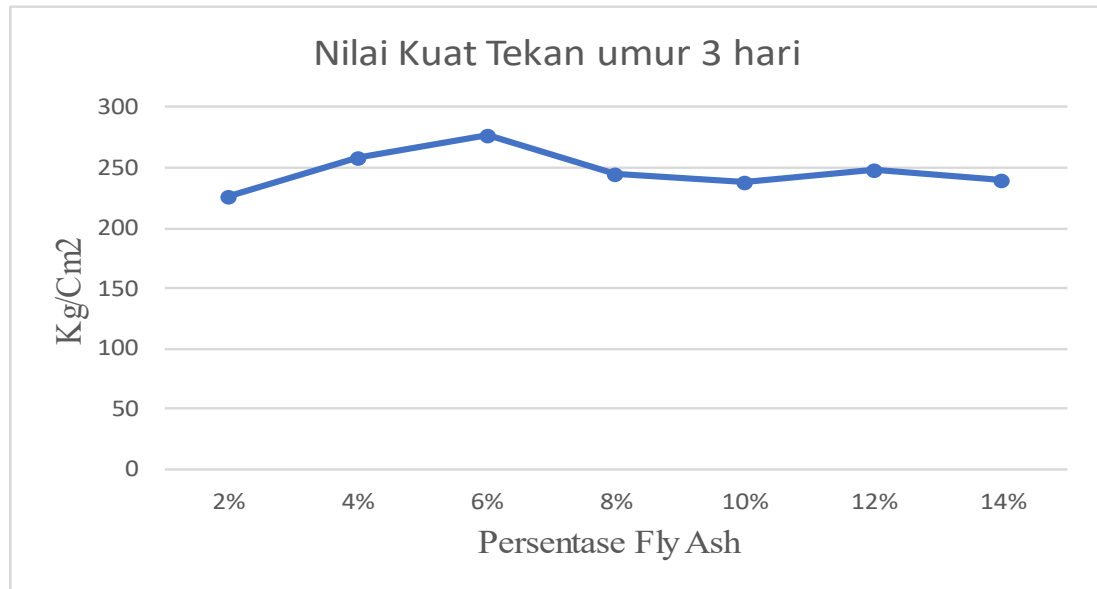
Gambar 2 .Grafik hasil pengujian SO<sub>3</sub> dengan berbeda persentase Berdasarkan hasil grafik diatas dapat dilihat bahwa penambahan Fly Ash semakin meningkat hal ini dikarenakan kandungan SO<sub>3</sub> yang terdapat dalam gypsum sebanyak 3% dan pada penambahan Fly Ash juga mempengaruhi kadar SO<sub>3</sub>. Jika persentase kadar SO<sub>3</sub> dicocokkan dengan ketentuan SNI yang mana maksimal 3% maka dapat dikatakan bahwa sampel yang dianalisa mempunyai kualitas yang baik karena tidak melewati batas susunan oksida dalam semen yang ditetapkan. Jika didalam semen kandungan SO<sub>3</sub> melebihi batas maka semen tersebut akan lama mengeras begitupun sebaliknya jika kandungan sulfur trioksida yang terlalu sedikit atau kurang dari 1,0% maka akan menyebabkan semen yang dicampur dengan air akan cepat mengeras. Dan terdapat juga pengaruh dari SO<sub>3</sub> yang hasil pembakaran jauh berbeda hal ini dapat disebabkan oleh karena pada saat pencucian SO<sub>3</sub> nya kurang bersih hal ini dapat berpengaruh pada pembakaran.

#### 4. Kuat Tekan Mortar

Kuat tekan merupakan sifat yang paling penting bagi mortar ataupun beton. Kuat tekan dimaksudkan sebagai suatu kemampuan material untuk menahan suatu beban tekan. Kuat tekan dipengaruhi oleh komposisi mineral utama. C<sub>2</sub>S memberikan kontribusi yang besar pada perkembangan kuat tekan awal, sedangkan C<sub>3</sub>A memberikan kekuatan semen pada umur yang lebih lama. C<sub>3</sub>A mempengaruhi kuat tekan sampai pada umur 28 hari dan selanjutnya pada umur berikutnya pengaruh ini semakin kecil.

Dalam pengujian kuat tekan ini dilakukan pengujian untuk umur 3 hari dan 7 hari dari konsentrasi 2%, 4%, 6%, 8%, 10%, 12%, dan 14%. Untuk umur mortar Fly Ash 3 hari dapat dilihat pada grafik berikut:

Gambar 3 .Grafik hasil pengujian kuat tekan mortar umur 3 hari dengan berbeda persentase



Berdasarkan hasil gambar diatas dapat dilihat bahwa untuk kuat tekan umur 3 hari mengalami kenaikan dan penurunan mulai dari variabel awal yaitu 2% hingga ke variabel 14%. Yang mana pada setiap variabelnya mengalami kenaikan dan penurunan hal ini dimungkinkan karena pada saat penumbukkan dilakukan kurang tepat sehingga adonan mortarnya kurang homogen atau tidak sepenuhnya terisi. Dan juga terdapat efek dari Fly Ash yang berfungsi untuk menambah kuat tekan akhir, yang mana Fly Ash berupa bahan pozzolanik yang berarti bahwa dapat bereaksi dengan kalsium hidroksida yang dihasilkan selama hidrasi semen, reaksi ini menghasilkan produk hidrasi tambahan seperti silikat kalsium hidrat. Produk hidrasi tambahan ini dapat mengisi rongga dalam struktur semen, meningkatkan kepadatan, dan menyebabkan peningkatan kuat tekan. Nilai kuat tekan untuk semua variabel 3 hari sekitar 135 kg/cm<sup>2</sup> akan tetapi pada grafik tersebut mulai dari variabel 2% sudah meningkat dari standar yang berlaku hal ini berarti kandungan Fly ash nya memiliki sifat daya tahan yang kuat. Untuk umur kuat tekan Fly Ash 7 hari dapat dilihat pada grafik berikut:

Gambar 4. Grafik hasil pengujian kuat tekan mortar umur 7 hari dengan berbeda persentase



Berdasarkan hasil gambar diatas dapat dilihat bahwa untuk kuat tekan umur 7 hari mengalami kenaikan untuk semua variabel 2%, 4%, 6%, 8%, 10%, 12%, 14%. Nilai kuat tekan untuk umur 7 hari sekitar 215 kg/cm<sup>2</sup>. Dari data tersebut nilai kuat tekan ini melebihi batas kesesuaian SNI, untuk nilai komposisi 215 kg/cm<sup>2</sup> keatas dimiliki kuat tekan berumur 28 hari. Akan tetapi kehalusan sangat berpengaruh dalam kuat tekan sebab semakin halus semen maka akan semakin besar kuat tekan yang dihasilkan. Hal ini dapat terjadi karena semua tempat pada mortar telah terisi penuh oleh partikel-partikel halus sehingga tidak ada lagi rongga ataupun sekat didalam mortar dan dengan katalain mortar akan semakin lebih padat.

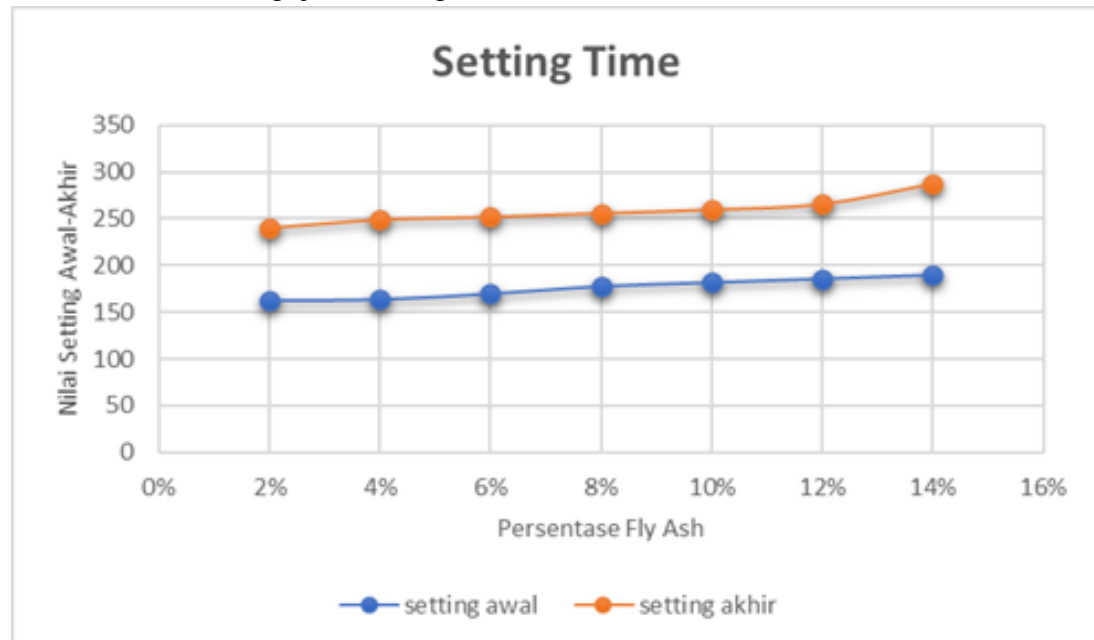
Seharusnya pada pengujian kuat tekan ini dilakukan sampai dengan 28 hari agar mencapai kekuatan maksimal, selama 28 hari semen memiliki waktu yang cukup untuk mengalami proses pengerasan yang baik dan meraih sebagian besar kekuatan potensialnya. Dan hal ini juga sudah menjadi standar yang berlaku bagi PT Semen Baturaja Tbk. Akan tetapi waktu penelitian tidak mencukupi untuk melakukan pengujian 28 hari jadi hanya sampai dengan 7 hari saja.

##### 5. Setting Time

Kadar SO<sub>3</sub> dalam semen dapat memengaruhi setting time karena SO<sub>3</sub> dapat berinteraksi dengan komponen kimia dalam semen, seperti kalsium aluminat, yang memengaruhi proses hidrasi semen. Kadar SO<sub>3</sub> yang tinggi dalam semen dapat

mempercepat waktu pengerasan, sedangkan kadar  $\text{SO}_3$  yang rendah dapat memperlambatnya. Ini dapat memengaruhi kinerja semen dalam aplikasi konstruksi. Pada pengujian setting ini dapat dilihat pada grafik berikut:

Gambar 5. Data Pengujian Setting Time



Berdasarkan hasil grafik diatas dapat lihat bahwa semakin meningkat mulai dari persentase rendah hingga tinggi. Akan tetapi nilai setting time ini tidak berpengaruh melainkan dari kandungan  $\text{SO}_3$  yang telah diuji. Waktu pengujian setting time pada semen dan pengujian kandungan Sulfur trioksida ( $\text{SO}_3$ ) adalah dua pengujian yang berbeda dan tidak secara langsung berpengaruh satu sama lain. Pengujian setting time digunakan untuk mengukur waktu yang dibutuhkan semen untuk mulai mengeras, sedangkan pengujian  $\text{SO}_3$  mengukur kandungan sulfur trioksida dalam semen, yang dapat mempengaruhi kualitas semen namun tidak secara langsung berkaitan dengan waktu pengerasan.

$\text{SO}_3$  dalam semen dapat berasal dari salah satunya adalah komponen aditif seperti gypsum (kalsium sulfat) sering digunakan dalam produksi semen untuk mengatur waktu pengerasan. Kandungan  $\text{SO}_3$  dalam gypsum dapat memengaruhi reaksi kimia dalam semen dan berperan dalam mengendalikan waktu pengerasan. Gypsum digunakan dalam jumlah yang tepat untuk menghindari pengerasan yang terlalu cepat atau terlalu lambat. Jadi, dalam beberapa kasus, pengujian setting time dapat memberikan indikasi awal tentang bagaimana aditif seperti gypsum dan

kandungan SO<sub>3</sub> dalam semen dapat memengaruhi waktu pengerasan. Namun, kedua pengujian ini tetap memiliki tujuan dan metode pengujian yang berbeda, dan hasil pengujian SO<sub>3</sub> tidak secara langsung bergantung pada waktu pengerasan semen. Oleh karena itu, pengujian setting time dan pengujian SO<sub>3</sub> tetap harus diinterpretasikan secara terpisah sesuai dengan tujuan masing-masing.

## **KESIMPULAN**

Nilai IR pada pengujian bahwa sampel Fly Ash mengalami peningkatan semakin banyak konsentrasi Fly Ash akan semakin tinggi juga nilai yang didapatkan. Sampel semen yang dianalisa pada semen variabel 2% mempunyai kualitas yang baik karena ada penambahan Fly Ash variabel 4% - 14% mempunyaikualitas yang buruk karena melewati batas susunan oksida dalam semen yang ditetapkan. Yang mana pada kadar IR ini berpengaruh pada kuat tekan semen itu sendiri, semakin banyak % IR maka kuat tekan semen itu akan semakin rendah dankualitasnya juga rendah. Akan tetapi bahwa IR yang tinggi bukan satu-satunya faktor yang memengaruhi kuat tekan dan kualitas semen.

Nilai SO<sub>3</sub> pada pengujian bahwa sampel penambahan Fly Ash semakin meningkat hal ini disebabkan oleh kandungan SO<sub>3</sub> yang terdapat dalam gypsum sekitar 3% dan pada penambahan Fly Ash juga berpengaruh terhadap kadar SO<sub>3</sub> sendiri. Sampel Fly Ash yang dianalisa memiliki kualitas yang baik karena tidak melewati batas susunan oksida dalam semen yang ditetapkan.

Pada pengujian kuat tekan mortar dilakukan pengujian untuk umur 3 dan 7 hari. Pada umur 3 hari mengalami kenaikan dan penurunan grafik hal ini disebabkan oleh penumbukan mortar yang kurang tepat atau kurang padat. Akan tetapi pada umur 7 hari mengalami peningkatan grafik yang sangat tinggi. Pada umur 7 hari ini memiliki kualitas yang baik yang mana penambahan Fly Ash dalam campuran semen dapat meningkatkan kualitas semen penggunaan yang tepat dari Fly Ash dapat mengisi celah-celah dalam campuran, meningkatkan kekuatan dan mengurangi keretakan.

Pada pengujian setting time mengalami kenaikan grafik yang tidak beda jauh dari persentase lainnya. Akan tetapi hal ini tidak menjadi patokan melainkan dilihat dari pengaruh SO<sub>3</sub> nya. Hal ini menunjukkan semakin tinggi SO<sub>3</sub> nya maka akan berpengaruh pada waktu setting time dalam pengerasan. Dalam pengujian SO<sub>3</sub> dan setting time mengalami kenaikan grafik semua dan dilakukan pengujian yang berbeda. Dengan kata lain setting time dan SO<sub>3</sub> ini memiliki kualitas yang baik, peningkatan SO<sub>3</sub> yang baik

dalam semen dapat membantu stabilitas setting time yang baik.

Maka dari penelitian ini dengan menggunakan sampel semen OPC dan fly ash ini masuk dalam standar yang berlaku pada pengujian kuat tekan, setting time, dan SO<sub>3</sub>

#### **DAFTAR PUSTAKA**

Austin, T.G. (1996). *INDUSTRI PROSES KIMIA*. Erlangga. Jakarta

Hardjito, (2001), *ABU TERBANG SOLUSI PENCEMARAN SEMEN*, Sinar Harapan, Kupang

Huda, S dan Hastuti (2012) *MODIFIED SILICA FOR ADSORPTION OF GOLD (III)*. Indonesian journal Chemistry, 15 (2) :108-115

Nugraha, P., & Antoni. (2007). *TEKNOLOGI BETON DARI MATERIAL PEMBUATAN BETON KINERJA TINGGI*. Yogyakarta: Andi Offset.

Setiawati, M. (2018). *FLY ASH SEBAGAI BAHAN PENGGANTI SEMEN PADA BETON*. Prosiding Semnastek.