

PENGARUH PENAMBAHAN FLY ASH TERHADAP KUALITAS SEMEN DI PT SEMEN BATURAJA 1

Ana Maghpiroh^{*1}, Damayanti Iskandar², Novadri Anaser³, Safaruddin Tohir⁴

^{1,2}Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Raden Fatah Palembang, Palembang,
Sumatera Selatan, 30126, Indonesia

³SM Field supervisor

⁴SMBR Learning Development

Email: maghpirohana@gmail.com¹, damayantiiskandar_uin@radenfatah.ac.id², novadri.anaser@sig.id³,
safaruddintohir@gmail.com⁴

ARTICLE HISTORY

Received:

12 Mei 2023

Revised

14 Juli 2023

Accepted:

03 Agustus 2023

Online available:

17 Oktober 2023

Kata Kunci :

Penambahan Fly Ash,
Kualitas Semen, PT.
Semen Baturaja I

Keywords :

Fly Ash Addition,
Cement Quality, PT
Semen Baturaja I

*Correspondence:

Name : Safaruddin
Tohir

E-mail:

safaruddintohir@gmail.com

Abstrak

Fly Ash atau abu terbang merupakan limbah padat yang dihasilkan dari pembakaran batubara pada pebangkit 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 dilakukan dalam pengujian ini 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 kimia sifat dari Fly Ash menggunakan Xray, pengujian sifat fisika semen yaitu uji kuat tekan hasil dari pencetakan mortar dan pengujian setting time. Sedangkan pengujian sifat kimia semen dilakukan dengan uji IR (insoluble residue) dan SO₃. Dari hasil penelitian ini diperoleh penambahan Fly Ash memberikan dampak positif pada kuat tekan berumur 7 hari, setting time dan SO₃. Penambahan Fly Ash dari persentase rendah hingga ke tinggi dapat meningkatkan kehalusan semen sehingga berpengaruh pada setting time 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.

Abstract

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 on OPC type cement was carried out in this test 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 chemical composition properties of Fly Ash using Xray, testing the physical properties of cement, namely testing the compressive strength resulting from molding the mortar and testing the setting time. Meanwhile, testing the chemical properties of cement was carried out using IR (insoluble residue) and SO₃. From the results of this research, it was found that the addition of Fly Ash had a positive impact on 7 day compressive strength, setting time and SO₃. 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.

PENDAHULUAN

Perkembangan infrastruktur memegang peranan penting dalam pembangunan nasional. Salah satu material yang memegang peranan penting dalam pembangunan nasional adalah semen. Perkembangan industri semen di Indonesia semakin pesat dengan membuat beberapa tipe semen antara lain Ordinary Portland Cement (OPC), White Cement, dan Portland Composite Cement ((PCC). Ordinary Portland Cement (OPC) dikenal dengan semen portland tipe 1 yang merupakan perekat hidrolis yang dihasilkan dari proses penggilingan klinker yang terdiri dari oksida-oksida kapur (CaO), silikat (SiO_2), alumina (Al_2O_3), besi (Fe_2O_3), kandungan senyawa-senyawa tersebut terdapat juga dalam fly ash (Ilfa dkk, 2019).

Pembakaran batubara menghasilkan residu yang biasa dikenal dengan fly ash atau abu terbang serta botton ash atau abu dasar. Jika fly ash (abu terbang) ini dibuang secara terbuka dapat mengakibatkan polusi terhadap air, tanah, dan udara yang akan menimbulkan masalah lingkungan dan kesehatan. Hal ini disebabkan oleh kandungan elemen seperti arsenik, vanadium, antimony, boron, dan chromium yang ada dalam fly ash meskipun dalam jumlah yang kecil. Oleh karena itu, sangat penting untuk dilakukan penanganan terhadap fly ash sebagai upaya dalam menjaga keberlanjutan lingkungan dan ekonomi (Nurlela & Istomo, 2020)

Fly ash atau abu terbang merupakan limbah hasil dari pembakaran batubara yang dimanfaatkan sebagai bahan tambahan dalam produksi semen karena sebagian besar kandungannya terdiri dari oksida-oksida silika (SiO_2), aluminium oksida (Al_2O_3), besi (Fe_2O_3) dan kalsium oksida (CaO) (Astriani ddk, 2017)

Penambahan zat aditif dari batubara ini dapat mempengaruhi sifat kimia dan sifat fisika pada semen berupa IR (insoluble residue), sulfur trioksida (SO_3), setting time dan mortar. IR (insoluble residue) merupakan bagian zat pengotor yang tidak larut atau tertinggal setelah hasil pereaksian antara HCl dengan Na_2CO_3 , besar nilai IR ini bergantung pada banyaknya penambahan fly ash di dalam material penyusun semen. Sedangkan sulfur trioksida (SO_3) merupakan filtrat dari hasil penyaringan IR (insoluble residue) yang dapat mempengaruhi setting time secara tidak langsung oleh kandungan SO_3 dalam semen, karena SO_3 dapat berinteraksi dalam waktu pengerasan semen. Setting time merupakan waktu yang diperlukan semen untuk mengeras setelah dicampur dengan air (Musfiroh,2021).

Sifat fisika yang diuji yaitu kuat tekan hasil dari pencetakan mortar. Mortar adalah campuran yang berisi dari semen, pasir dan air yang masing-masing memiliki kadar air yang berbeda. Sedangkan kuat tekan merupakan suatu kemampuan untuk dapat menahan beban, secara umum kuat tekan diukur pada perawatan 28 hari karena telah mencapai kekuatan maksimal (Ningsih dkk, 2012)

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan fly ash terhadap kualitas semen dengan menggunakan XRF (X-ray Fluorescence) untuk mendapatkan kondisi waktu terbaik dalam proses penggilingan fly ash serta melakukan uji fisika dan uji kimia untuk menghasilkan produk semen dengan kualitas yang memenuhi syarat yang berlaku.

METODE PENELITIAN

Alat yang digunakan dalam penelitian yaitu:

a. Pengujian Xray.

Xray spectrometer, grinding mill, ring tablet, vacuum cleaner, mesin press (press machine), mangkok stainless steel, neraca analitik.

b. Pengujian IR (insoluble residue) & Sulfur trioksida (SO_3).

Hotplate, furnace, timbangan analitik, spatula, batang pengaduk, cawan porselen, gelas kimia 250 ml, glass arloji, corong pemisah, sarung tangan kain.

c. Pengujian Mortar & Setting Time.

Alat vicat, stopwatch, gelas ukur 250 ml, pisau pengiris, mesin pengaduk (mix), wadah pengaduk, batang pengaduk, spatula pengaduk, cincin konik, plat kaca, kain, mixer semen, cetakan kubus, mesin uji kuat tekan, ruang lembab.

Bahan yang digunakan dalam penelitian yaitu:

a. Pengujian Xray.

Fly ash kering, tablet grinding aid

b. Pengujian IR (insoluble residue) & Sulfur trioksida (SO_3).

Fly Ash dari Pusri Palembang, semen opc, aquades, aquades panas, HCl, NH_4NO_3 2%, Indikator mm, BaCl_2 , NaOH, kertas saring whatman 41 & 42.

c. Pengujian Mortar & Setting Time

Semen opc yang telah homogen dengan fly ash, pasir otawa, dan aquades.

Prosedur penelitian :

1. Pengujian Xray.

Sampel Fly ash yang akan di analisa dikeringkan dengan menggunakan oven kemudian dipanaskan kembali untuk mengurangi kadar air pada sampel. Kemudian fly ash ditimbang sebanyak 9 gram dan ditambahkan tablet grinding aid lalu sampel digiling menggunakan alat penggiling hingga menjadi serbuk. Kemudian sampel dipress sebelum diletakkan dalam alat XRF (X-ray Fluorescence) untuk dilakukan analisis. Setelah diletakkan dalam alat XRF (X-ray Fluorescence) maka di dapatkan hasil analisa kimia dari fly ash.

2. Pengujian Mortar

Disiapkan semen 500 gram, pasir otawa 13750 gram dan aquades sesuai persentase fly ash. Campurkan semen dan pasir secara merata ke dalam

mix lalu ditambahkan aquades sedikit demi sedikit sambil terus mencampur hingga mencapai konsistensi mortar yang diinginkan. Kemudian bentuk mortar menjadi benda uji dengan menggunakan cetakan kubus. Padatkan mortar dan ratakan permukaannya dicetakan kubus. Kemudian dimasukkan diruang lembab dan direndam selama 3 hari, 7 hari, dan 28 hari untuk dilakukan pengujian kuat tekan. Kemudian dilepaskan benda uji dari cetakan dan diletakkan dimesin uji kekuatan tekan lalu mesin akan menekan beban mortar hingga mortar pecah dan catat nilai kuat tekan maksimal yang diperoleh.

3. Pengujian Setting time.

Ditimbang semen 6500 gram dan aquades 150 ml menyesuaikan dengan persentase fly ash, kemudian dicampurkan didalam mix hingga semen kalis, setelah itu diletakkan dicetakan cincin dan ratakan hingga membentuk pasta semen yang mengental, kemudian masukkan campuran pasta semen ke dalam vicat hingga mencapai 10 mm dan diletakkan diruang lembab untuk dilakukan pengujian setting awal. Setting awal dilakukan setelah beberapa menit vicat 10 mm, setting awal ini harus mencapai kedalaman 25 mm dan dilakukan setting akhir juga hingga jarum vicat tidak lagi menunjukkan perubahan atau 0 mm.

4. Pengujian IR (insoluble residue).

Ditimbang semen 1 gram dan dimasukkan ke dalam gelas kimia 250 ml setelah itu ditambahkan 25 ml aquades dan 5 ml HCl dan diletakkan dekat 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 dengan kertas saring ukuran 41 ke dalam gelas kimia 250 ml, setelah itu cuci gelas kimia dengan kertas saring dan sebanyak 10 kali dengan air panas dan filtrat dapat digunakan untuk penetapan SO_3 . Pindahkan kertas saring serta endapan ke dalam gelas kimia yang baru dan hancurkan kertas saring dengan batang pengaduk, tambahkan 50 ml larutan NaOH dan ditunggu hingga mendidih. Diasamkan 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_4NO_3 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 dengan furnace pada suhu $(900-1.000)^\circ C$ selama 1 Jam dan dinginkan dalam desikator lalu ditimbang hasil yang didapatkan.

Rumus perhitungan IR sebagai berikut:

$$\% \text{ Bagian tak larut} = \frac{\text{berat endapan}}{\text{berat sampel}} \times 100$$

5. Pengujian Sulfur trioksida (SO_3)

Larutan hasil filtrat dari IR (insoluble residue) dapat digunakan untuk penetapan SO_3 setelah itu panaskan di hotplate hingga mendidih. Tambahkan perlahan-lahan 10 ml BaCl_2 dan dilanjutkan pemanasan hingga endapan terbentuk sempurna, tunggu larutan hampir mendidih lalu saring dengan kertas saring berpori halus ukuran 42, cuci endapan dengan air panas, letakkan kertas saring dan isinya dalam krusibel yang telah ditimbang. Endapan dibakar dengan furnace dan ditimbang sebagai BaSO_4 (barium sulfat) dan dihitung kesetaraan SO_3 pada suhu $(900-1000)^\circ\text{C}$, dinginkan dalam desikator dan ditimbang hasil yang didapatkan. Rumus perhitungan SO_3 sebagai berikut:

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

Keterangan:

W = gram BaSO_4 terhadap sampel

34,3 = perbandingan molekul SO_3 terhadap BaSO_4 (0,343) dikalikan 100

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pengujian yang dilakukan adalah pengujian XRF (X-ray Fluorescence) untuk mengetahui kandungan oksida yang dimiliki oleh fly ash (Pusri Palembang). Terdapat juga pengujian lainnya yaitu untuk pengendalian kualitas semen dengan pengujian setting time, kuat tekan (mortar), IR, dan SO_3 . Pengujian dilakukan dengan zat aditif (fly ash) yang berasal dari Pusri Palembang yang berbeda persentase diantaranya 2%, 4%, 6%, 8%, 10%, 12%, 14%. Pada pengujian menggunakan semen opc dikarenakan semen opc belum ada campuran fly ash dan dapat dilakukan pengujian.

1. Analisa komposisi kimia dengan alat Xray.

Pengujian komposisi kimia dapat dilakukan dengan menggunakan XRF (X-ray Fluorescence), pengujian komposisi kimia bertujuan untuk mengetahui komposisi yang terkandung di dalam semen. Komposisi yang terkandung akan mempengaruhi kualitas semen yang akan dibuat. Unsur komposisi kimia yang ada dalam penambahan sampel diantaranya SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , K_2O , CaO , MgO , LOI, dan SO_3 . Nilai komposisi oksida dalam sampel menggunakan X-Ray dapat dilihat pada tabel berikut:

No	Komposisi sampel	Nilai %
1.	SiO_2	49,21%
2.	Al_2O_3	16,22%
3.	Fe_2O_3	5,49%
4.	K_2O	0,50 %
5.	CaO	7,37 %
6.	MgO	1,72 %
7.	LOI	7,66 %
8.	SO_3	0,00 %

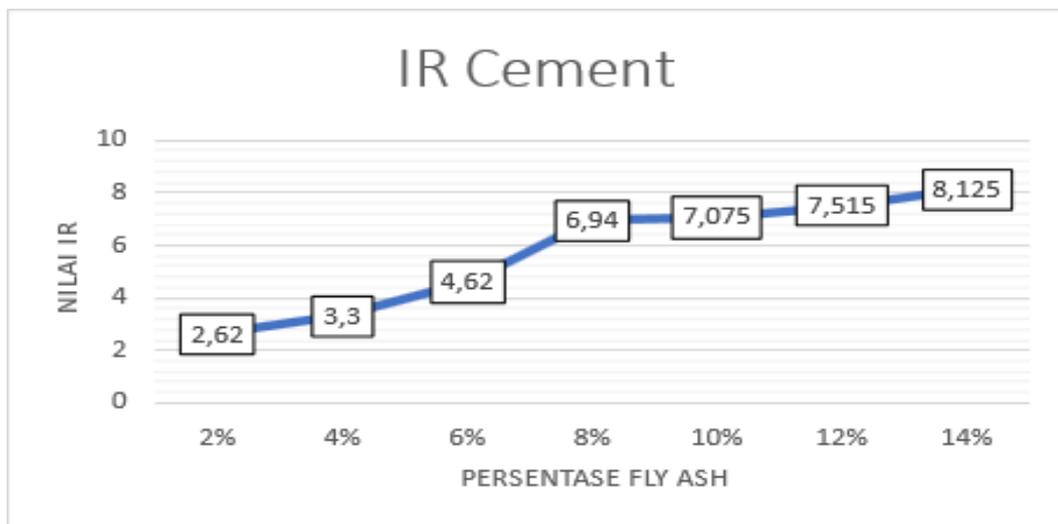
Berdasarkan data pada tabel tersebut dapat dilihat bahwa nilai oksida pada sampel memiliki komposisi unsur SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , K_2O , CaO , MgO , LOI , dan SO_3 . Pada tabel menunjukkan bahwa kandungan unsur paling dominan adalah Silika (SiO_2) memiliki nilai persen yang paling tinggi dibandingkan dengan unsur-unsur lainnya.

Menurut SNI nilai komposisi MgO dalam semen dibatasi paling tinggi 2% dan akan bereaksi dengan air pada hasil penyemenan. Sementara menurut Hariawan (2007) umumnya semua standard semen membatasi kandungan MgO dalam semen portland, karena MgO akan menimbulkan ekspansi pada semen setelah jangka waktu lebih dari setahun. Ekspansi semen dapat menyebabkan keretakan dalam semen yang tidak tahan lama atau bahkan merusak struktur bangunan jika tidak dikelola dengan baik. Oleh karena itu, kandungan MgO dibatasi termasuk di PT Semen Baturaja Tbk, kandungan MgO tidak pernah melewati batas yang telah ditetapkan.

Pada pengujian Xray nilai komposisi unsur MgO memiliki nilai sebesar 1,72 % hal ini dapat diartikan bahwa unsur MgO yang terdapat pada sampel tidak menimbulkan keretakan pada hasil penyemenan.

2. Pengujian IR (insoluble residue)

Pengujian IR (insoluble residue) dilakukan untuk menghilangkan semua komponen organik yang terdapat dalam sampel sehingga yang tersisa adalah zat anorganik berupa bagian tak larut.



Berdasarkan grafik tersebut dapat dilihat bahwa nilai IR dari semen semakin meningkat dengan banyaknya penambahan fly ash pada semen. Menurut ketentuan SNI nilai dari pengujian IR yaitu maksimal 3%, pada penelitian yang dilakukan dapat dilihat bahwa persentase 2% fly ash mempunyai kualitas yang baik karena memiliki nilai IR sebesar 2,62% dan tidak melewati batas ketentuan SNI yang ditetapkan. Namun pada

penambahan fly ash 4% - 14% mempunyai kualitas yang buruk karena memiliki nilai lebih dari 3% dan melewati batas ketentuan SNI yang ditetapkan.

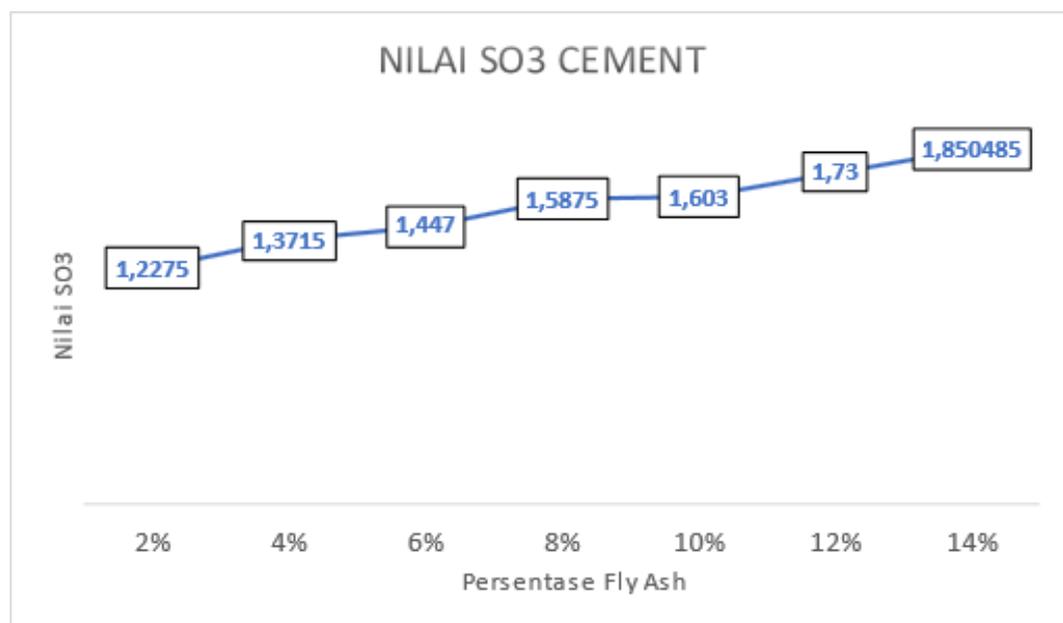
Nilai IR (insoluble residue) yang tinggi dalam komposisi penyusun semen dipengaruhi oleh penambahan persentase fly ash ke dalam semen, semakin banyak fly ash yang ditambahkan maka semakin besar pula proporsi residu dari fly ash yang tidak larut. Kenaikan nilai IR pada gambar 8 sebanding dengan kenaikan penambahan persentase fly ash. Menurut Yusuf dkk (2020) komponen terbesar dari fly ash ialah silika, jadi semakin tinggi kandungan silika dalam fly ash maka semakin tinggi juga nilai IR yang dihasilkan.

Akan tetapi nilai IR semen yang tinggi tidak menjadi target dalam kualitas semen dikarenakan ada batasan SNI yang telah ditetapkan. Penyebab terjadinya kenaikan grafik yang melewati batas SNI ini, terdapat kesalahan dalam pengerjaan contohnya dalam pencucian yang kurang bersih atau proses penggilingan yang kurang homogen.

3. Pengujian sulfur trioksida (SO_3)

Pengujian sulfur trioksida (SO_3) berupa filtrat berwarna kuning yang didapatkan dari hasil penyaringan IR (insoluble residue). Filtrat yang diperoleh kemudian dipanaskan dan ditambahkan larutan BaCl_2 yang bertujuan untuk membentuk endapan putih (BaSO_4). Menurut Jannah dkk (2021) ketika BaCl_2 ditambahkan terjadi reaksi ion sulfat (SO_4^{2-}) dalam semen dengan ion barium (Ba^{2+}) yang berasal dari larutan BaCl_2 untuk membentuk BaSO_4 dan dapat menghitung nilai SO_3 yang dihasilkan.

Reaksi kimia yang terjadi: $\text{BaCl}_2 + \text{SO}_3 \rightarrow \text{BaSO}_4 + 2\text{Cl}^-$ BaSO_4 adalah senyawa padat berupa endapan putih yang tidak larut dalam air dan mengendap dalam larutan.

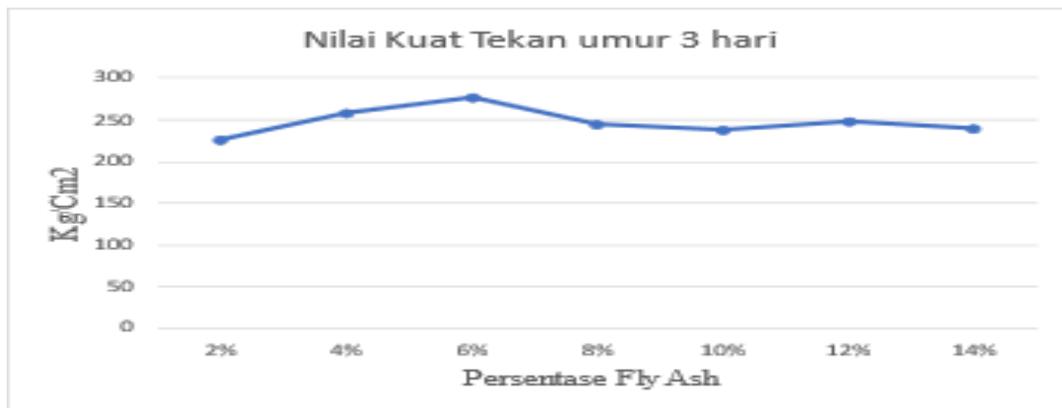


Berdasarkan grafik pada gambar 9 dapat dilihat bahwa semakin bertambah persentase fly ash maka semakin tinggi juga nilai SO_3 yang dihasilkan. Menurut ketentuan SNI nilai SO_3 maksimal 3%, dapat dilihat pada gambar 9 pengujian yang dilakukan memiliki nilai SO_3 yang tidak melewati batas ketentuan SNI yang ditetapkan.

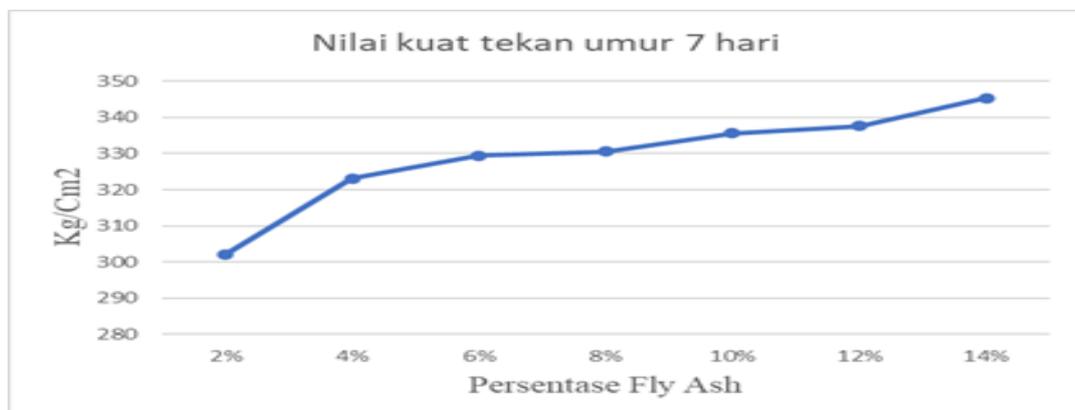
Menurut Hafid dkk (2010) nilai SO_3 yang tinggi akan menambah waktu dalam pengerasan semen (setting time) begitupun sebaliknya. Hal ini disebabkan oleh penambahan gypsum dalam semen opc. Gypsum dalam semen merupakan bahan yang bersifat retarder yang berfungsi sebagai penghambat waktu dalam proses pengerasan semen dan hal ini termasuk dalam kualitas yang baik.

4. Pengujian mortar

Pengujian kuat tekan dilakukan pada pengujian umur 3 dan 7 hari dari persentase 2%, 4%, 6%, 8%, 10%, 12%, dan 14%. Untuk nilai umur kuat tekan fly ash 3 hari dapat dilihat pada grafik berikut:



Berdasarkan grafik tersebut kuat tekan pada umur 3 hari mengalami kenaikan dan penurunan yang tidak maksimal dalam setiap persentase fly ash. Hal ini disebabkan oleh terjadinya kesalahan dalam penumbukan yang tidak merata sehingga terdapat celah yang tidak terisi dalam cetakan mortar. Sedangkan nilai kuat tekan fly ash umur 7 hari dapat dilihat pada grafik berikut:

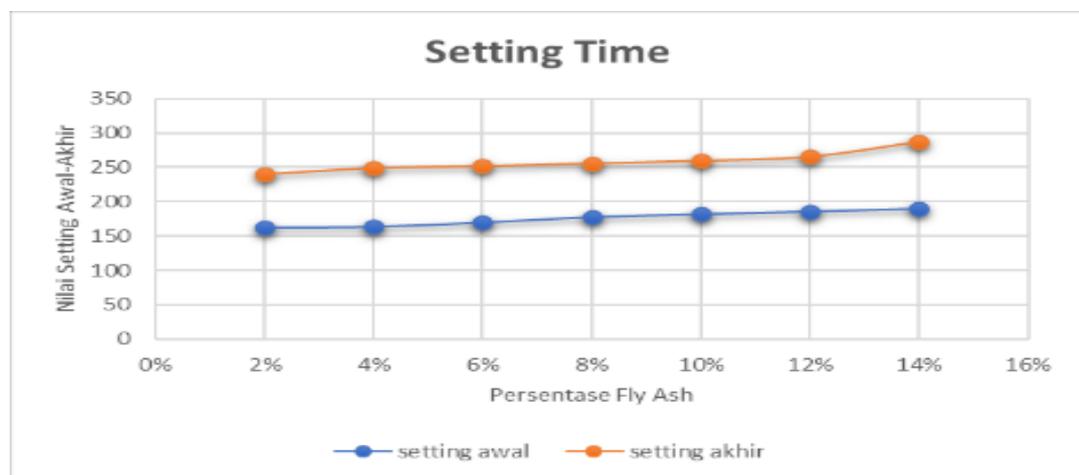


Berdasarkan grafik pada gambar 11 nilai kuat tekan umur 7 hari mengalami peningkatan pada setiap persentase fly ash. Hal ini dapat terjadi karena semua tempat pada cetakan mortar telah terisi penuh oleh partikel-partikel halus sehingga tidak ada celah ataupun sekat didalam mortar dan mortar akan menjadi lebih padat, selain itu juga terdapat pengaruh dari waktu penyimpanan yang lebih lama sehingga nilai uji kuat tekan yang dihasilkan menjadi lebih meningkat.

Menurut Idris dan Hasriana (2018) semakin bertambah umur kuat tekan semakin meningkat nilai kuat tekan tersebut dan terdapat juga pengaruh dari penambahan fly ash pada setiap persentase yang dapat memperbaiki kuat tekan terhadap keretakan. Pada hal ini fly ash telah terbukti memiliki potensi untuk dapat menggantikan sebagian dari semen dalam campuran, dapat diartikan bahwa fly ash memiliki sisi positif dari pemanfaatan limbah yang dapat dimanfaatkan untuk bahan bangunan.

5. Pengujian setting time

Pada pengujian setting time dilakukan setting awal dan setting akhir, pengujian dilakukan didalam ruang lembab dikarenakan biar semen yang dicat masih dalam kondisi lembab selama pengujian berlangsung, kondisi ruang lembab ini dapat untuk mengikat semen dan mengeras dengan baik. Pengujian setting time juga dilakukan pada seluruh persentase fly ash dan hasil pengujian setting time dapat dilihat pada gambar berikut.



Berdasarkan grafik pada gambar tersebut dapat lihat bahwa pada masing-masing persentase fly ash diperoleh hasil, semakin banyak fly ash yang ditambahkan semakin meningkat hasil yang didapatkan, begitupun dengan air yang dimasukkan juga semakin banyak dalam proses pembuatan pasta semen. Banyaknya air yang digunakan semakin bertambah waktu proses pengerasan pada semen yang ditambahkan fly ash, hal ini dikarenakan sifat fly ash yang mudah menyerap air sehingga membutuhkan banyak air dalam pembuatan pasta, menurut ketentuan SNI setting awal minimum 45 menit dan setting akhir maksimum 375 menit.

Berdasarkan hasil penelitian seluruh persentase fly ash memenuhi ketentuan SNI sehingga pada penelitian yang telah dilakukan didapatkan setting awal dan setting akhir secara akurat.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa fly ash pada blangko semen opc dengan menggunakan Xray, kuat tekan, setting time, IR dan SO_3 dilaboratorium Semen dan Beton serta Xray di PT Semen Baturaja 1, dapat disimpulkan bahwa:

Berdasarkan hasil pengujian IR, sampel semen opc yang dicampurkan dengan fly ash memenuhi ketentuan SNI pada persentase fly ash 2% sedangkan pengujian SO_3 seluruh persentase memenuhi ketentuan SNI. Serta pada hasil pengujian setting time, sampel semen opc yang dicampurkan dengan fly ash memenuhi ketentuan SNI dan pada penambahan fly ash dapat meningkat kuat tekan semen pada umur 7 hari sehingga dapat diartikan bahwa semen memiliki kualitas yang baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Hafid H., Bachtiar., Ferdy., Haryanti., Mukhlis., Arifin., Mansyur., & Rudi (2010). PENGARUH KANDUNGAN SO_3 TERHADAP KUAT TEKAN MORTAR (PHYSICAL LABORATORY) : PT. Semen Bosowa Maros
- Hariawan, J. B. (2007). PENGARUH PERBEDAAN KARAKTERISTIK TYPE SEMEN ORDINARY PORTLAND CEMENT (OPC) DAN PORTLAND COMPOSITE CEMENT (PCC) TERHADAP KUAT TEKAN MORTAR. Universitas Gunadarma
- Idris, M., & Hasriana, H. (2018, Agustus). ANALISIS KUALITAS MORTAR YANG DITAMBAHKAN ABU TERBANG (FLY ASH) SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN SEMEN. Dalam Seminar Nasional Hasil Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat (SNP2M) (Vol.2, No. 1)
- Ilfa, A. C., Maulana, F., Aziz, H., Yusuf, Y. (2019). PENGGUNAAN POZZOLAN DAN LIMESTONE BASAH TERHADAP SIFAT FISIKA DAN KIMIA SEMEN OPC
- Istomo, F. P., & Nurlela, N. (2020). KARAKTERISASI DAN PROPORSI ABU TERBANG (FLY ASH) DALAM PEMBUATAN PCC (PORTLAND COMPOSITE CEMENT). Jurnal Sains Natural Universitas Nusa Bangsa Vol, 10(2), 71-86
- Jannah, Z. N., Herawati, D., & Ngibad, K. (2021). ANALISIS KONSENTRASI ION SULFAT DALAM AIR MENGGUNAKAN SPEKTROFOTOMETRI. Jurnal Pijar Mipa, 16(2), 203-206
- Musfiroh, N. (2021). PENGARUH PENAMBAHAN BATU KAPUR TERHADAP HILANG PIJAR SEMEN PCC PADA PT SEMEN BOSOWA MAROS. Politeknik Ati Makassar: Kementrian Perindustrian R.I
- Musnaeni. (2010). PEMBUATAN DAN PENGUJIAN PENGIKATAN AWAL DAN KEKEKALAN BENTUK SEMEN POZOLAN KAPUR YANG DIPERKAYA SILIKAT ABU SEKAM PADI. FMIPA. Universitas Hasanuddin. Makassar.

- Ningsih, T., Chairunnisa, R., & Miskah, S. (2012). PEMANFAATAN BAHAN ADDITIVE ABU SEKAM PADI PADA CEMENT PORTLAND PT SEMEN BATURAJA (PERSERO). *Jurnal Teknik Kimia*, 18(4), 59-67
- Perry, R. H.(1999). PERRY'S CHEMICAL ENGEINEERS, 7th ed. USA: McGraw Hill Companies Inc.
- Prasetyo, W. A. (2011). PENGARUH PEMAKAIAN SEMEN PORTLAND TIPE II TERHADAP KETAHANAN SULFAT PADA SELF COMPACTING CONCRETE (SCC), DEPOK: Univeritas Indonesia
- Profil Perusahaan 2023. PT SEMEN BATURAJA TBK. (n.d.). <https://semenbaturaja.co.id/profil-perusahaan/>
- PT Semen Baturaja Tbk, 2023. KOKOH DAN TAHAN LAMO. (2023, September 8). <https://semenbaturaja.co.id/>
- Yuda, H. B., & Firdaus, F. (2022, December). WAKTU IKAT MORTAR “SEMEN “GEOPOLYMER BERBASIS FLY ASH DAN KAPUR. In *Bina Darma Conference on Engineering Science (BDCES)* (Vol. 4, No. 2, pp. 278-291).
- Yusuf, Y., Savitri, V. F., & Aziz, H. (2020). PENGARUH PENGGUNAAN FLY ASH DARI BERBAGAI SUMBER TERHADAP SIFAT KIMIA DAN SIFAT FISIKA PADA SEMEN TIPE I (OPC). *Jurnal Riset Kimia*, 11(2), 61-71.