

PENYULUHAN METODE MUDAH DAN PRAKTIS KARAKTERISASI FLY ASH SEBAGAI BAHAN SUBSTITUSI SEMEN

by Syaif 0813 3641 8032

Submission date: 25-Sep-2023 08:10PM (UTC-0700)

Submission ID: 2177115951

File name: S_KARAKTERISASI_FLY_ASH_SEBAGAI_BAHAN_SUBSTITUSI_SEMEN_revA2.pdf (297.15K)

Word count: 3195

Character count: 19501

PENYULUHAN METODE MUDAH DAN PRAKTIS KARAKTERISASI FLY ASH SEBAGAI BAHAN SUBSTITUSI SEMEN

Wiwik Dwi Pratiwi¹

Mochamad Yusuf Santoso^{2*},

Endang Pudji Purwanti³, Adhi

Setiawan⁴

¹) Magister Sains Terapan Teknik Keselamatan dan Resiko, Politeknik

Perkapalan Negeri Surabaya

²) D4 Teknik Keselamatan dan

Kesehatan Kerja, Politeknik

Perkapalan Negeri Surabaya

³) D4 Teknik Perancangan dan

Konstruksi Kapal, Politeknik

Perkapalan Negeri Surabaya

⁴) D4 Teknik Pengolahan Limbah,

Politeknik Perkapalan Negeri

Surabaya

17

Article history

Received : diisi oleh editor

Revised : diisi oleh editor

Accepted : diisi oleh editor

*Corresponding author

Mochamad Yusuf Santoso

Email : yusuf.santoso@ppns.ac.id

Abstrak

Fly ash yang merupakan residu pembakaran batu bara memiliki potensi untuk digunakan sebagai *supplementary cementitious material* (SCM), yaitu material yang fungsinya mengganti sebagian semen. Namun, fly ash perlu dikarakterisasi terlebih dahulu untuk memastikan potensi tersebut. Permasalahan yang melatarbelakangi pengabdian kepada masyarakat ini adalah banyaknya fly ash yang dihasilkan oleh mitra dan belum dimanfaatkan dengan baik. Selain itu, untuk karakterisasi fly ash diperlukan pengujian di laboratorium tertentu. Sehingga, pada kegiatan ini dilakukan penyuluhan metode mudah dan praktis karakterisasi fly ash sebagai bahan substitusi semen. Berdasarkan identifikasi permasalahan mitra, didapatkan informasi bahwa limbah fly ash yang dihasilkan sebanyak 6-ton per hari dan langsung diangkut oleh pengolah sampah. Melihat potensi tersebut, kegiatan dilanjutkan dengan menguji sampel fly ash dari mitra. Hasil pengujian menunjukkan bahwa karakteristik *water requirement* dari sampel melebihi batas maksimum dari persyaratan dari ASTM C618-19, sehingga masih perlu peningkatan kualitas dari fly ash jika akan digunakan sebagai bahan pembuatan beton. Hal ini dikarenakan semakin tinggi *water requirement* nya, maka kekuatan beton akan semakin rendah. Hasil ini kemudian dijadikan sebagai bahan paparan dalam kegiatan penyuluhan berbentuk grup diskusi dengan mitra. Selain hasil pengujian sampel, rekomendasi terkait perbaikan karakteristik fly ash juga dipaparkan ketika penyuluhan. Rekomendasi yang diberikan berupa beberapa alternatif teknik untuk optimalisasi pembakaran batu bara dan mendapat respon positif dengan tindak lanjut berupa koordinasi internal dalam rangka perencanaan strategi pemanfaatan fly ash.

Kata Kunci: fly ash, karakterisasi, penyuluhan, substitusi semen, water requirement

Abstract

Fly ash, a residue from burning coal, has the potential to be used as a supplementary cementitious material (SCM), namely a material whose function is to replace some of the cement. However, fly ash needs to be characterized first to confirm this potential. The problem that leads to this community service activity is that there is a lot of fly ash produced by partners and it has not been utilized properly. Besides, to characterize fly ash, tests need to be carried out in certain laboratories. Thus, in this activity, education was carried out on easy and practical methods of characterizing fly ash as a cement substitute material. Based on the partner problem identification, information was obtained that 6 tons of fly ash waste was produced per day and was directly transported by waste processors. Regarding this potential, activities continued by testing fly ash samples from partners. The test results show that the water requirement characteristics of the sample exceed the maximum limit of the requirements of ASTM C618-19, indicating that fly ash's quality needs to be improved before it can be utilized as a component in concrete. This is because the higher the water requirement, the lower the strength of the concrete. These results were then used as material for presentation in outreach activities in the form of discussion groups with the partner. In addition to the sample testing results, recommendations for enhancing the qualities of fly ash were also made during the outreach. The recommendations made include several additional methods for improving coal combustion. This suggestion was well-received, and action was taken in the form of internal coordination within the framework of strategic planning for the exploitation of fly ash.

Keywords: characterization, counseling, fly ash, cement substitution, water requirement

12

Copyright © 20xx Author. All rights reserved

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara produsen batubara yang memiliki cadangan sekitar 21 milyar ton atau 2,2% dari cadangan dunia. Produksi batubara nasional sebesar 614 juta ton pada tahun 2021. Pada tahun 2022 produksi batubara Indonesia mencatat angka yang paling besar sepanjang sejarah, yaitu sebesar 687 juta ton. Konsumsi batubara domestik tahun 2021 dan 2022 masing-masing sebesar 133 dan 193 juta ton (Rizaty & Bayu, 2023). Peningkatan konsumsi batubara dalam negeri tak lepas dari kebijakan pemerintah dengan menerbitkan Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No. 34 tahun 2009 tentang Pengutamaan Pemasokan Kebutuhan Mineral dan Batubara untuk Kepentingan Dalam Negeri. Kebijakan tersebut sejalan dengan proyek listrik 35 GW karena 85% batubara domestik dikonsumsi PLTU (Arinaldo & Adiatma, 2019).

Pembakaran batubara dapat menghasilkan limbah padat berupa *fly ash* dan *bottom ash* (FABA), kira-kira 10% dari berat batubara, dengan komposisi 65-95% *fly ash* dan 5-35% *bottom ash* (Jayaranjan et al., 2014). Peningkatan konsumsi batubara dalam negeri secara langsung menyebabkan peningkatan jumlah FABA. Pembakaran batubara di PLTU dilakukan pada temperatur tinggi, sehingga kandungan karbon yang tidak terbakar relatif rendah dan bersifat stabil saat disimpan. Pengujian FABA PLTU Kementerian LHK tahun 2020 memberikan hasil bahwa FABA PLTU memiliki karakter di bawah baku mutu karakter berbahaya dan beracun. Peraturan Pemerintah No. 22 tahun 2021, Lampiran XIV, mencantumkan bahwa limbah FABA dari PLTU dikelompokkan sebagai limbah Non-Bahan Berbahaya dan Beracun (B3). Dalam lampiran tersebut, kode untuk *fly ash* adalah N106 untuk dan *bottom ash* adalah N107. Walaupun FABA dari PLTU bukan termasuk B3, namun pengelolaannya harus dilakukan sesuai prosedur sebagaimana diatur pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 19 Tahun 2021 tentang Tata Cara Pengelolaan Limbah Non-Bahan Berbahaya dan Beracun. Pemanfaatan FABA di Indonesia masih tertinggal jauh dibandingkan negara lain, oleh karena itu perlu dilakukan upaya-upaya agar FABA bisa dimanfaatkan secara lebih luas.

Berdasarkan ASTM C 618-19 (ASTM International, 2019), *fly ash* diklasifikasikan menjadi dua kelas yaitu C dan F. Baik *fly ash* kelas C maupun F, mengandung ($\text{SiO}_2 + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$) minimal 50%, SO_3 maksimal 5%, *loss on ignition* (LOI) maksimal 6%, *water requirement* maksimal 105% terhadap kontrol, serta partikel tertahan di ayakan No. 325 (45 mikron) maksimal 34%. Perbedaan antara kelas C dan F hanya terletak pada kadar CaO, yaitu untuk kelas C mengandung CaO lebih dari 18% sedangkan untuk kelas F kurang dari 18%.

Fly ash merupakan bahan *pozzolan*, yaitu bahan yang bisa bereaksi dengan air dan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ membentuk bahan yang bersifat mengikat seperti halnya semen. Sifat tersebut membuat *fly ash* memiliki potensi untuk digunakan sebagai *supplementary cementitious material* (SCM), yaitu material yang fungsinya mengganti sebagian semen (Ayuningtyas et al., n.d.; Jayaranjan et al., 2014; Matos et al., 2019). *Fly ash* merupakan bahan SCM yang paling sering digunakan karena ketersediaan yang relatif banyak, murah, dan memiliki kecocokan yang baik dengan semen. Pemanfaatan *fly ash* sebagai material substitusi semen dengan tingkat substitusi rendah atau menengah sudah umum diaplikasikan (Mehta, 2002; Naik & R, 1999; Thomas, 2007; Triwulan & Utama, 2008). Pemanfaatan *fly ash* dengan tingkat substitusi yang tinggi (lebih dari 50%) telah diteliti beberapa dekade belakangan ini dan dikenal sebagai *high-volume fly ash* (Aydin & Arel, 2018; Hemalatha et al., 2016; Huang et al., 2017; Shaikh & Supit, 2015).

Salah satu industri asam amino di Pasuruan menggunakan batu bara untuk proses dan kelistrikan perusahaan. Perusahaan tersebut (selanjutnya disebut PT X) menjadi mitra sasaran yang akan berkolaborasi dalam pengabdian kepada masyarakat kali ini. Sebagai perusahaan non PLTU, maka *fly ash* yang dihasilkan oleh PT. X dikelompokkan sebagai limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3). Menurut Peraturan Pemerintah No. 101 tahun 2014 tentang Pengelolaan Limbah B3, limbah B3 didefinisikan sebagai zat, energi, dan/atau komponen lain yang karena sifat, konsentrasi, dan/atau jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung, dapat mencemarkan dan/atau merusak lingkungan hidup, dan/atau membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, serta kelangsungan hidup manusia dan makhluk hidup lain. Lebih lanjut, pengelolaan limbah B3 dilakukan dengan mengacu kepada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 6 Tahun 2021. Sesuai peraturan tersebut, *fly ash* masih dimungkinkan digunakan sebagai bahan untuk membuat produk infrastruktur sipil jika memiliki kadar ($\text{SiO}_2 + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO}$) minimal 50% dan *loss on ignition* (LOI) kurang dari 10%.

Dari penelitian terdahulu oleh pengabdian (Pratiwi, 2019) yang meneliti hubungan antara morfologi, LOI, ukuran partikel dan keamorfian pada *fly ash* kelas F ASTM C 618-19, diperoleh beberapa kesimpulan yang

kemudian dijadikan referensi untuk penyuluhan ini. Pertama, semakin tinggi nilai LOI, maka kuat tekan pasta campuran semen-fly ash semakin rendah. Selain itu secara mikroskopis, fly ash dengan LOI yang tinggi menampilkan morfologi partikel yang tidak beraturan dalam jumlah yang besar (sebanding atau lebih banyak dengan bentuk bulat) dan memiliki keamorfan yang kecil. Ke-dua, pada LOI yang hampir sama, ukuran partikel yang lebih kecil memiliki keamorfan yang lebih besar dan menghasilkan kuat tekan pasta semen-fly ash yang lebih tinggi. Namun demikian, fly ash dengan ukuran lebih kecil dengan LOI yang lebih besar (dan keamorfan yang lebih rendah, menghasilkan kuat tekan pasta semen-fly ash yang lebih rendah. Jadi bisa dikatakan bahwa LOI dan ukuran partikel merupakan dua hal yang sama-sama terkait dengan keamorfan fly ash yang pada ujungnya mempengaruhi kekuatan pasta yang dihasilkan. Berdasarkan (Thomas, 2013), LOI fly ash memiliki keterkaitan dengan *water requirement*. LOI yang tinggi berkorelasi dengan *water requirement* yang tinggi juga. Pengujian keamorfan dilakukan dengan teknik *X-Ray Diffraction* (XRD), dan ini hanya tersedia di laboratorium tertentu. Pengujian LOI memerlukan *furnace* yang mampu memanaskan 1000°C. Pengujian tinggi *water requirement* merupakan teknik sederhana dan praktis dilakukan di lapangan.

Selama ini, jumlah fly ash harian yang dihasilkan sekitar 6-ton dan langsung diangkut oleh pengolah sampah dari PT. X. Mengingat jumlah fly ash yang cukup banyak, maka PT. X memiliki peluang untuk memanfaatkan sendiri fly ash sebagai bahan substitusi semen untuk membuat produk berbahan beton, misalnya paving, box culvert, atau yang lain. Oleh karena itu, dilakukan penyuluhan metode mudah dan praktis karakterisasi fly ash sebagai bahan substitusi semen yang dimaksudkan untuk menjajaki kemungkinan pemanfaatan fly ash oleh perusahaan sehingga diharapkan dapat mengurangi biaya penanganan limbah B3 sekaligus menghasilkan produk-produk bermanfaat yang berpotensi untuk dimanfaatkan di lingkungan internal perusahaan.

METODE PELAKSANAAN

Sasaran mitra dari kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini yaitu PT. X, yang merupakan salah satu industri asam amino di Pasuruan yang menggunakan batu bara untuk proses dan kelistrikan Perusahaan. Kegiatan ini menjadi salah satu pengembangan hasil penelitian pengabdian terkait fly ash batu bara. Metode kegiatan pengabdian Masyarakat ini terdiri dari identifikasi permasalahan mitra, pengujian fly ash dan penyuluhan pada mitra dalam bentuk grup diskusi.

Kegiatan identifikasi masalah dilakukan untuk menggali informasi tentang jumlah batubara yang dibakar, jumlah fly ash yang dihasilkan dan penanganan fly ash yang telah dilakukan. Tahapan selanjutnya adalah melakukan pengujian terhadap fly ash mitra yang kemudian dibandingkan dengan hasil penelitian dari anggota pengabdian ini. Tahapan berikutnya adalah penyusunan rencana paparan diskusi tentang penanganan fly ash atau modifikasi yang diperlukan. Selanjutnya dari hasil diskusi tersebut dibuat rekomendasi dan rencana tindak lanjut.

Pengabdian sudah memiliki banyak sampel fly ash yang telah diuji parameternya sesuai ASTM C618. Gambar 1 menunjukkan skema alat Vicat, sedangkan Gambar 2 menunjukkan beberapa fly ash yang digunakan untuk uji coba *water requirement* (kebutuhan air) dengan alat Vicat. Terhadap sampel fly ash tersebut, pengabdian juga melakukan pengujian kuat tekan pasta campuran 80% fly ash – 20% Ordinary Portland Cement (OPC). Campuran dipilih dengan kadar fly ash yang sangat tinggi agar sifat kekuatan yang dihasilkan lebih didominasi oleh peran fly ash. Hasil pengujian fly ash dari berbagai sumber kemudian dijadikan bahan diskusi dengan pihak mitra.

Secara teoritis, menurut ASTM C 618, diperlukan berbagai pengujian, yaitu komposisi kimia (dilakukan dengan teknik XRF, uji LOI, uji kehalusan (% fly ash tertahan ayakan 45µm), kadar air, kadar SO₃, *strength activity index*, dan *water requirement*. Namun demikian, pengujian tersebut cukup memakan waktu jika dilakukan semuanya. Pengabdian sudah memiliki banyak sampel fly ash dari berbagai sumber yang semuanya telah diuji berdasarkan kriteria ASTM. Untuk menyiapkan paparan, data-data dari hasil penelitian yang sudah dihasilkan disempurnakan dengan pengujian *water requirement*. *Water requirement* adalah perbandingan antara air yang dibutuhkan semen atau campurannya untuk membentuk konsistensi normal, namun pengabdian melakukan pendekatan dengan mengukur konsistensi normal fly ash tanpa campuran semen. Konsistensi normal diuji berdasarkan ASTM C187 menggunakan alat Vicat.



Gambar 1. Skema Alat Vicat (ASTM C 187)



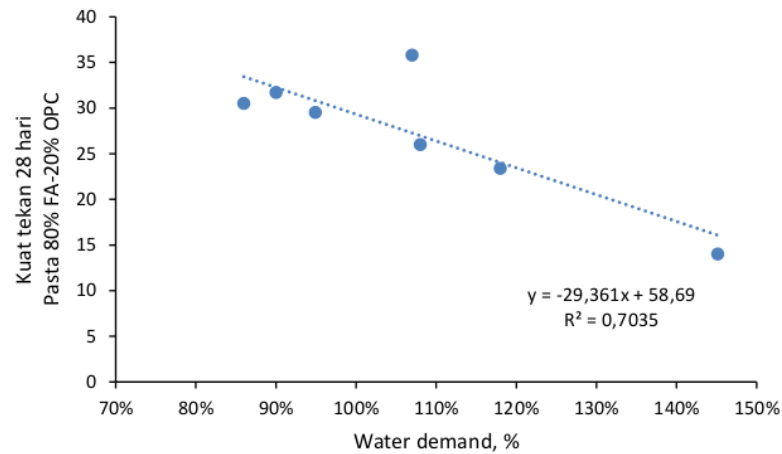
Gambar 2. Sampel fly ash dari berbagai sumber (kiri) dan Pengujian water requirement dengan alat Vicat (kanan)

HASIL PEMBAHASAN

Berdasarkan identifikasi, didapatkan informasi, *fly ash* yang dihasilkan oleh mitra sebanyak 6 ton per hari. *Fly ash* yang dihasilkan kemudian diangkut oleh jasa pengelola limbah, jadi belum dimanfaatkan sendiri. Untuk mengevaluasi kelayakan penggunaan *fly ash* sebagai bahan pengganti semen, maka perlu dilakukan pengujian sesuai ASTM C618. Untuk evaluasi awal, mitra bisa melakukan uji *water requirement* secara mandiri menggunakan alat Vicat. Sebagai bahan diskusi, pengabdian memaparkan hasil uji coba pengukuran *water demand* dan kuat tekan pasta. Pasta dibuat dengan *water to cement ratio* yang sama. Gambar 3 menunjukkan hasil pengujian hubungan antara *water requirement* dengan kuat tekan. Menurut ASTM C 618-19 (ASTM International, 2019), *water requirement* yang dipersyaratkan maksimal 105%. Namun, berdasarkan hasil pengujian, *fly ash* yang dihasilkan oleh mitra melebihi persyaratan tersebut. Hasil pengujian selanjutnya disampaikan kepada mitra melalui penyuluhan.

Pada Gambar 4, ditunjukkan lokasi mitra yang memfasilitasi kegiatan penyuluhan. Kegiatan penyuluhan dihadiri oleh beberapa SDM mitra yang terlibat dalam kegiatan proses industri yang menghasilkan limbah *fly ash*. Dalam diskusi disampaikan kepada mitra bahwa pengujian *water requirement* bisa menjadi alternatif evaluasi awal kelayakan *fly ash* untuk substitusi semen. *Water requirement* maksimal yang masih direkomendasikan adalah 120%, dibandingkan dengan pasta semen OPC tanpa campuran *fly ash*. *Water*

requirement yang tinggi berkorelasi dengan kadar karbon tidak terbakar yang tinggi (Thomas, 2013). Apabila dalam pengujian *water requirement* yang tinggi, maka diindikasikan juga bahwa pembakaran yang terjadi kurang sempurna.



Gambar 3. Hubungan antara *water requirement* dengan kuat tekan pasta 80% fly ash – 20% OPC.



Gambar 4. Kegiatan penyuluhan di Perusahaan mitra, PT. X Pasuruan

Tim pengabdian kepada masyarakat ini juga menyampaikan presentasi tentang beberapa cara untuk mengoptimalkan pembakaran batu bara yaitu dengan meningkatkan temperatur pembakaran, meningkatkan *mixing rate* udara/bahan bakar, menggunakan rasio udara berlebih dan meningkatkan waktu tinggal partikel batu bara. Batu bara akan lebih mudah terbakar dengan sempurna bila mempunyai ukuran partikel semakin kecil. Cara ini tentunya bukan hal yang mudah untuk direalisasikan karena menyangkut modifikasi desain alat pembakar dan perlengkapannya, sehingga memerlukan kajian yang lebih spesifik, dan hal tersebut di luar dari cakupan pengabdian kepada masyarakat yang dilakukan.

Pada kegiatan penyuluhan ini, disampaikan rekomendasi terkait rencana pengolahan produk fly ash dari mitra. Poin-poin yang disampaikan kepada mitra terkait fly ash yang diproduksi adalah sebagai berikut:

- Fly ash memiliki kualitas yang baik sebagai pengganti semen jika memiliki *water demand* relatif rendah, kehalusan tinggi, memiliki fasa amorf yang tinggi, memiliki LOI relatif rendah dan memiliki bentuk bulat;
- Uji *water requirement* bisa digunakan untuk pendekatan karakterisasi kualitas fly ash secara mudah dan cepat;

- Jika hasil pengujian *water requirement* ditemukan relative tinggi maka bisa menjadi indikasi awal bahwa pembakaran yang terjadi perlu diptimalkan.

Paparan dari tim pengabdian mendapat respon positif dari pihak mitra. Mitra memberikan tanggapan dari paparan terkait hasil karakterisasi *fly ash* dan rekomendasi yang diberikan. Mitra akan melakukan tindak lanjut dengan menyampaikan rekomendasi dari kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini melalui koordinasi internal dalam rangka perencanaan strategi pemanfaatan *fly ash* sesuai rekomendasi yang diberikan oleh tim.

10

KESIMPULAN

Kesimpulan yang diambil dari kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini adalah sebagai berikut:

- Pengujian *water requirement* merupakan pengujian yang mudah dan murah dilakukan;
- Pengujian *water requirement* dapat dijadikan indikasi awal kelayakan *fly ash* sebagai bahan substitusi semen. *Water requirement* di bawah 120% menunjukkan *fly ash* layak digunakan langsung sebagai substitusi semen.
- Pengujian *Water requiremet* juga bisa dijadikan indikasi awal tentang kesempurnaan pembakaran batu bara.
- Mitra pengabdian kepada masyarakat menyambut baik hasil penyuluhan dari tim.

10

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya yang telah memberikan dukungan atas terselenggaranya program ini dengan dana DIPA PPNS tahun 2022.

16

PUSTAKA

- Arinaldo, D., & Adiatma, J. C. (2019). *Dinamika Batu Bara Indonesia: Menuju Transisi Energi yang Adil*. Institute for Essential Services Reform (IESR).
- ASTM International. (2019). *ASTM C 618-19: Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete*. Annual Book of ASTM Standards, Volume 4.01, Cement; Lime; Gypsum. In Annual Book of ASTM Standards (Issue C, pp. 3–6). <https://doi.org/10.1520/C0618>
- Aydin, E., & Arel, H. Ş. (2018). Data for the physical and mechanical properties of high volume fly ash cement paste composites. *Data in Brief*, 16, 321–326. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2017.11.047>
- Ayuningtyas, U., Made Agus Dharma Susila, I., Leopold Sihombing, A. S., Adi Sasongko, N., Anggraeni, P., Priyadi Adi Nugroho, T., Tjahyo Eka Darmayanti, N., Riset Sistem Produksi Berkelanjutan dan Penilaian Daur Hidup, P., Riset dan Inovasi Nasional Kawasan Puspipetek, B., Selatan, T., & Riset Teknologi Pengujian dan Standar, P. (n.d.). *Pemanfaatan Fly Ash dan Bottom Ash sebagai Material Konstruksi Ramah Lingkungan dalam rangka mendukung Kriteria Bangunan Hijau*.
- Hemalatha, T., Mapa, M., George, N., & Sasmal, S. (2016). Physico-chemical and mechanical characterization of high volume fly ash incorporated and engineered cement system towards developing greener cement. *Journal of Cleaner Production*, 125, 268–281. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.03.118>
- Huang, W., Kazemi-Kamyab, H., Sun, W., & Scrivener, K. (2017). Effect of cement substitution by limestone on the hydration and microstructural development of ultra-high performance concrete (UHPC). *Cement and Concrete Composites*, 77, 86–101. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2016.12.009>
- Jayaranjan, M. L. D., van Hullebusch, E. D., & Annachhatre, A. P. (2014). Reuse options for coal fired power plant bottom ash and fly ash. In *Reviews in Environmental Science and Biotechnology* (Vol. 13, Issue 4, pp. 467–486). Kluwer Academic Publishers. <https://doi.org/10.1007/s11157-014-9336-4>
- Matos, P. R. de, Foiato, M., & Prudêncio, L. R. (2019). Ecological, fresh state and long-term mechanical properties of high-volume fly ash high-performance self-compacting concrete. *Construction and Building Materials*, 203, 282–293. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.01.074>
- Mehta, P. K. (2002). *High- Performance , High-Volume Fly Ash Cocrete for Sustainable Development*. University of California.
- Naik, & R. T. (1999). Greener Concrete using Recycled Materials. *Concrete International*, 45–49.

- Pratiwi, W. D. (2019). Hubungan Morfologi , Ukuran Partikel dan Keamorfian Fly Ash dengan Kuat Tekan Pasta. Seminar Nasional MASTER 2019. Maritim, Sains Dan Teknologi Terapan, 92–98.
<https://journal.ppns.ac.id/index.php/SeminarMASTER/article/view/1316/946>
- Rizaty, M. A., & Bayu, D. (2023, February 3). Produksi Batu Bara Indonesia Mencapai 687 Juta Ton pada 2022 .
<https://DataIndonesia.Id/Energi-Sda>.
- Shaikh, F. U. A., & Supit, S. W. M. (2015). Compressive strength and durability properties of high volume fly ash (HVFA) concretes containing ultrafine fly ash (UFFA). *Construction and Building Materials*, 82, 192–205.
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.02.068>
- Thomas, M. (2007). Optimizing the Use of Fly Ash in Concrete. Portland Cement Association.
www.cement.org/docs/default.../is548-optimizing-the-use-of-fly-ash-concrete.pdf
- Thomas, M. (2013). Supplementary cementing materials in concrete. In *Supplementary Cementing Materials in Concrete*. <https://doi.org/10.1201/b14493>
- Triwulan, & Utama, W. (2008). Penetrasi Ion Chlorida Pada Beton Yang Memakai Campuran Pozolanik Material Di Lingkungan Agresif Dengan Percepatan Arus Berbagai Potensial. Laporan Penelitian produktif Terapan. LPPM- ITS.

PENYULUHAN METODE MUDAH DAN PRAKTIS KARAKTERISASI FLY ASH SEBAGAI BAHAN SUBSTITUSI SEMEN

ORIGINALITY REPORT

19%

SIMILARITY INDEX

17%

INTERNET SOURCES

16%

PUBLICATIONS

14%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	bsilhk.menlhk.go.id Internet Source	1 %
2	ouci.dntb.gov.ua Internet Source	1 %
3	repositorio.uc.cl Internet Source	1 %
4	Submitted to Universitas Jember Student Paper	1 %
5	journal.ppns.ac.id Internet Source	1 %
6	Submitted to University of Auckland Student Paper	1 %
7	Submitted to University of Strathclyde Student Paper	1 %
8	www.polisas.edu.my Internet Source	1 %
9	"Calcined Clays for Sustainable Concrete", Springer Science and Business Media LLC,	1 %

2020

Publication

10	p3m.ppns.ac.id Internet Source	1 %
11	W D Pratiwi, F D D Putra, Triwulan, Y Tajunnisa, N A Husin, K D Wulandari. "A review of concrete durability in marine environment", IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2021 Publication	1 %
12	ojs.poltekkesbengkulu.ac.id Internet Source	1 %
13	www.preprints.org Internet Source	1 %
14	eprints.umm.ac.id Internet Source	1 %
15	the1uploader.wordpress.com Internet Source	1 %
16	eprints.upnyk.ac.id Internet Source	1 %
17	www.researchgate.net Internet Source	1 %
18	Yushi Aosaka, Takeshi Yamamoto, Shoji Tsutsui, Tomohiro Miki. "ラオス国ナムニアップ1水力発電事業におけるClass CフライアッシュのRCCダムへの適用性に関する研究", Concrete	1 %

Research and Technology, 2023

Publication

19

Submitted to Universitas Tanjungpura

Student Paper

1 %

Exclude quotes On

Exclude matches < 1%

Exclude bibliography On