

ANALISIS BOTTOM ASH LIMBAH BATU BARA PLTU PULANG PISAU SEBAGAI AGREGAT HALUS PADA CAMPURAN BETON

ANALYSIS OF BOTTOM ASH FROM PULANG PISAU COAL PLANT WASTE AS FINE AGGREGATE FOR CONCRETE MIXTURE

Diharyo^{*1}, Norseta Ajie Saputra², Rida Respati³, Ignatius Delon⁴, Naswa Nabila⁵, Priska⁶, Sabila Ika Cahyani⁷, Meliyana Anita⁸, Octafiana Indah Rohani⁹, Prenki¹⁰

¹Dosen Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Palangka Raya

^{2,3}Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Palangka Raya

^{4,5,6}Mahasiswa Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Palangka Raya

^{7,8}Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Palangka Raya

^{9,10}Alumni Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Palangka Raya

Koresponden² email : diharyo@umpr.ac.id

ABSTRAK

Bottom ash merupakan limbah padat hasil proses pembakaran batu bara pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) yang jumlahnya terus meningkat seiring bertambahnya kebutuhan energi. Salah satu potensi pemanfaatan *bottom ash* adalah sebagai bahan pengganti agregat halus dalam campuran beton, sehingga dapat mengurangi pemakaian pasir alam serta menekan dampak lingkungan akibat pembuangan limbah. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik fisik *bottom ash* dari PLTU Pulang Pisau serta mengevaluasi terhadap karakteristik yang memenuhi syarat melalui pengujian **SNI 1969-2008, SNI 1970-2008**. Tahapan penelitian meliputi pengambilan sampel *bottom ash*, pengujian karakteristik fisik (analisis gradasi, berat jenis, nilai penyerapan air, kandungan lumpur) selanjutnya dilakukan evaluasi terhadap karakteristik standar sesuai dengan ketentuan **SNI 1969-2008, SNI 1970-2008**. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *bottom ash* PLTU Pulang Pisau memiliki gradasi halus tidak teratur, berat jenis lebih rendah dari pasir alami, serta porositas yang tinggi sehingga berpotensi mempengaruhi tingkat serapan air beton. Secara keseluruhan, *bottom ash* PLTU Pulang Pisau dapat digunakan sebagai alternatif agregat halus pada campuran beton. Pemanfaatan ini tidak hanya mendukung pengurangan penggunaan agregat alam, tetapi juga menjadi solusi pengelolaan limbah industri yang berkelanjutan.

Kata Kunci : Agregat Halus, *Bottom ash*, Limbah.

ABSTRACT

Bottom ash is a solid waste product of coal combustion at coal-fired power plants (PLTU), the volume of which continues to increase in line with growing energy demand. One potential use of *bottom ash* is as a substitute for fine aggregate in concrete mixes, thereby reducing the use of natural sand and minimizing the environmental impact of waste disposal. This study aimed to analyze the physical characteristics of *bottom ash* from the Pulang Pisau PLTU and evaluate its compliance with SNI 1969-2008 and SNI 1970-2008 testing requirements. The research phases included *bottom ash* sampling, physical characteristic testing (gradation analysis, specific gravity, water absorption value, and silt content), and subsequent evaluation against standard characteristics in accordance with SNI 1969-2008 and SNI 1970-2008. The results showed that the *bottom ash* from the Pulang Pisau PLTU had a fine, irregular gradation, a specific gravity lower than natural sand, and high porosity, potentially affecting the water absorption rate of the concrete. Overall, the *bottom ash* from the Pulang Pisau PLTU (Coal-fired Power Plant) is deemed suitable for use as an alternative to fine aggregate in concrete mixes. This utilization not only supports the reduction of natural aggregate use but also provides a more sustainable solution for industrial waste management.

Keywords: *Bottom ash*, *Fine Aggregate*, *Waste*

Media Ilmiah Teknik Sipil, Volume 14, Nomor 1, Januari 2026: 297-300

297

PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) merupakan pembangkit listrik untuk melayani kebutuhan masyarakat, sebagai bahan bakar utama adalah batu bara, dalam kegiatan tersebut menghasilkan limbah padat berupa Fly Ash dan *Bottom ash* (FABA) dari proses pembakaran batu bara. Limbah ini memiliki volume yang besar dan apabila tidak dimanfaatkan dapat menyebabkan pencemaran lingkungan.

Dengan pesatnya pertumbuhan penduduk dan kebutuhan agregat halus untuk beton di sektor konstruksi semakin meningkat, seiring pertumbuhan pembangunan infrastruktur di Indonesia. Eksplorasi pasir alam secara berlebihan menyebabkan penurunan kualitas lingkungan seperti erosi dan sedimentasi sungai. Oleh karena itu, penelitian ini penting dilakukan untuk mencari alternatif bahan pengganti agregat halus dari limbah industri, salah satunya dengan memanfaatkan FABA dari PLTU Unit Pelayanan Pulang Pisau. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik fisik dan mengevaluasi *bottom ash* dari PLTU Pulang Pisau sebagai agregat halus campuran beton yang diharapkan dapat memberikan solusi inovatif yang ramah lingkungan.

TINJAUAN PUSTAKA

Beton dan Peran Agregat Halus

Beton merupakan material komposit yang tersusun atas semen sebagai bahan pengikat, agregat halus, agregat kasar, air, dan bahan tambahan (*admixture*) bila diperlukan. Kualitas beton sangat dipengaruhi oleh karakteristik masing-masing bahan penyusunnya, terutama agregat yang menempati sekitar 60–75% dari volume total beton.

Agregat halus berfungsi sebagai pengisi rongga antara agregat kasar serta berperan dalam meningkatkan kepadatan, kelecahan (*workability*), dan kekuatan beton. Menurut SNI 03-2834 dan SNI 2461, agregat halus harus memenuhi persyaratan tertentu seperti gradasi, kadar lumpur, berat jenis, penyerapan air, dan kebersihan. Ketergantungan yang tinggi terhadap pasir alam menimbulkan masalah lingkungan akibat penambangan berlebihan, sehingga diperlukan alternatif agregat halus yang berkelanjutan.

Limbah Batu Bara dan *Bottom ash*

Bottom ash merupakan limbah padat hasil pembakaran batu bara pada tungku pembangkit listrik tenaga uap (PLTU). Limbah ini dihasilkan bersama *fly ash*, namun memiliki karakteristik yang berbeda. *Bottom ash* umumnya berbutir lebih kasar, berpori, bertekstur kasar, dan memiliki berat jenis yang lebih rendah dibanding pasir alam.

Secara umum, *bottom ash* mengandung senyawa oksida seperti silika (SiO_2), alumina (Al_2O_3), dan kalsium oksida (CaO) dalam proporsi tertentu. Kandungan kimia tersebut membuat *bottom ash* berpotensi digunakan sebagai material konstruksi, baik sebagai bahan tambah maupun sebagai pengganti agregat. Namun, sifat fisiknya yang berpori dan kasar dapat mempengaruhi kebutuhan air dan sifat mekanik beton.

Hardiana, Nasruddin & Pratiwi (2019) menyatakan bahwa beton dengan *Bottom ash* mempunyai kuat tekan lebih rendah dibanding beton normal, namun masih menunjukkan bahwa *Bottom ash* dapat berfungsi sebagai pengganti agregat halus.

Karakteristik Fisik *Bottom ash* sebagai Agregat Halus

Karakteristik fisik *bottom ash* yang berpengaruh terhadap kinerja beton antara lain:

1. Gradasi butiran

Bottom ash umumnya memiliki gradasi yang kurang seragam dibanding pasir alam. Oleh karena itu, sering dilakukan proses pengayakan untuk memperoleh fraksi butiran yang sesuai dengan agregat halus.

2. Berat jenis dan penyerapan air

Berat jenis *bottom ash* cenderung lebih rendah dibanding pasir alami, sedangkan nilai penyerapan airnya relatif lebih tinggi akibat struktur yang berpori. Hal ini berpengaruh terhadap perencanaan campuran beton dan kebutuhan air pencampur.

3. Tekstur permukaan

Permukaan *bottom ash* yang kasar dan tidak beraturan dapat meningkatkan ikatan mekanis antara pasta semen dan agregat, namun di sisi lain dapat menurunkan kelecahan beton segar.

Karakteristik-karakteristik tersebut menyebabkan penggunaan *bottom ash* sebagai agregat halus perlu dibatasi pada persentase tertentu agar beton tetap memenuhi persyaratan teknis.

Pengaruh Penggunaan *Bottom ash* terhadap Sifat Beton Segar

Beberapa penelitian melaporkan bahwa penggunaan *bottom ash* sebagai substitusi agregat halus mempengaruhi sifat beton segar, khususnya:

1. *Workability*

Beton dengan kandungan *bottom ash* cenderung mengalami penurunan nilai *slump* seiring bertambahnya persentase substitusi. Hal ini disebabkan oleh tekstur kasar dan daya serap air yang tinggi pada *bottom ash*.

2. Kebutuhan air

Untuk mencapai tingkat kelecahan yang sama dengan beton normal, beton dengan *bottom ash* umumnya memerlukan penambahan air atau penggunaan *admixture* plastisizer.

Penurunan workability ini menjadi salah satu faktor pembatas penggunaan *bottom ash* dalam campuran beton struktural.

METODE

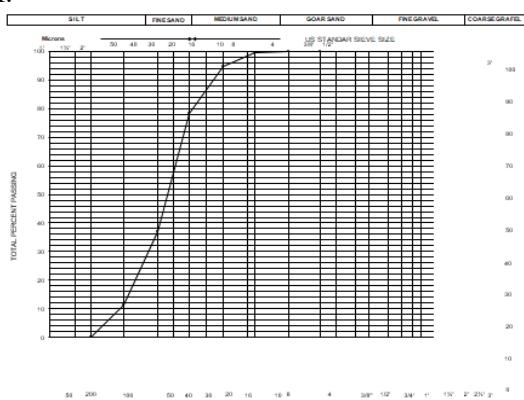
Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental laboratoris, yaitu penelitian yang dilakukan dengan melakukan percobaan secara langsung di laboratorium untuk mengetahui karakteristik fisik *bottom ash* sebagai agregat halus pada campuran beton. Pendekatan yang digunakan bersifat kuantitatif, karena hasil penelitian dinyatakan dalam bentuk data numerik berupa nilai yang dibandingkan dengan standar sebagai agregat halus pada campuran beton.

- Lokasi Penelitian dilaksanakan dilaboratorium Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palangka Raya
- Bahan Penelitian: agregat halus (pasir) dan *bottom ash* dari PLTU Pulang Pisau.
- Pengujian fisik karakterisasi agregat halus (pasir) dan *bottom ash* berupa analisis gradasi, berat jenis, nilai penyerapan air, kandungan lumpur selanjutnya dilakukan evaluasi terhadap karakteristik standar sesuai dengan ketentuan SNI 1969-2008, SNI 1970-2008

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Karakteristik Fisik Material Karakteristik Gradasi Agregat Halus (Pasir Alam)

Hasil pengujian agregat halus menunjukkan bahwa pasir alam yang digunakan memenuhi persyaratan sebagai agregat halus beton. Nilai gradasi pasir berada dalam batas yang diizinkan, kadar lumpur berada di bawah batas maksimum, serta nilai berat jenis dan penyerapan air masih sesuai dengan standar SNI.

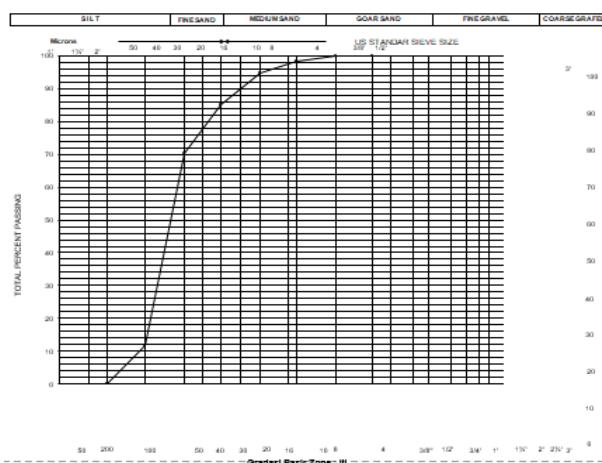


Gambar 1 Grafik Gradasi Agregat Halus
Sumber: Hasil Analisis (2025)

4.1.2 Karakteristik Gradasi *Bottom ash*

Bottom ash yang digunakan memiliki tekstur permukaan kasar dan berpori dengan warna abu-abu gelap. Hasil pengujian menunjukkan bahwa berat jenis *bottom ash* lebih rendah dibandingkan pasir alam, sedangkan nilai penyerapan airnya lebih tinggi. Karakteristik ini menunjukkan bahwa *bottom ash* memiliki kemampuan menyerap air yang lebih besar, sehingga berpotensi mempengaruhi kebutuhan air dan kepadatan beton.

Secara gradasi, *bottom ash* setelah proses pengayakan memenuhi kriteria sebagai agregat halus, meskipun distribusi ukuran butirnya cenderung kurang seragam dibandingkan dengan standar sebagai agregat halus pada campuran beton.



Gambar 2 Grafik Gradasi *Bottom ash*

Sumber: Hasil Analisis (2025)

Hasil Pengujian Karakteristik Fisik Agregat Halus (Pasir Alam dan *Bottom ash*)

Hasil pengujian berat volume, kadar air, kadar lumpur, berat jenis dan penyerapan. Standar yang digunakan pada agregat halus berdasarkan SNI.

Tabel 2 Pengujian Berat Jenis, Penyerapan, Kadar Lumpur dan Kadar Air

No.	Parameter	Pasir	Bottom Ash	Satuan
1	Berat Jenis :			
	Berat Jenis Bulk	2,618	2,905	gr/cm ³
	Berat Jenis SSD	2,653	2,983	gr/cm ³
	Berat Jenis Semu	2,713	3,150	gr/cm ³
2	Penyerapan	1,321	2,691	%
3	Kadar Lumpur	6,500	5,450	%
4	Kadar Air	7,536	7,672	%

Sumber: Hasil Pengujian (2025)

Dari hasil pengujian berat jenis, penyerapan, kadar lumpur dan kadar air dari agregat halus, agregat kasar dan *bottom ash* memenuhi syarat untuk dipergunakan sebagai campuran beton.

Pada kadar rendah, *bottom ash* dapat berperan sebagai *filler* yang mengisi rongga antar agregat sehingga beton menjadi lebih padat. Namun, pada kadar yang lebih tinggi, sifat poros dan daya serap air *bottom ash* menyebabkan meningkatnya porositas beton dan menurunnya kuat tekan.

Selain itu, rendahnya berat jenis *bottom ash* dibandingkan pasir alam juga berkontribusi terhadap penurunan kepadatan beton secara keseluruhan, yang berdampak pada penurunan kekuatan mekanik.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian-penelitian terdahulu yang menyatakan bahwa penggunaan *bottom ash* sebagai agregat halus dapat dilakukan hingga persentase tertentu tanpa penurunan kuat tekan yang signifikan. Beberapa penelitian melaporkan bahwa substitusi optimal berada pada kisaran 15–20%, tergantung karakteristik *bottom ash* dan metode perawatan beton.

Dengan demikian, hasil penelitian ini memperkuat temuan sebelumnya bahwa *bottom ash* memiliki potensi sebagai material alternatif agregat halus dalam beton, khususnya untuk aplikasi beton non-struktural atau beton dengan mutu menengah.

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa *bottom ash* PLTU Pulang Pisau memiliki gradasi halus tidak teratur, berat jenis lebih rendah dari pasir alami, serta porositas yang tinggi sehingga berpotensi mempengaruhi tingkat serapan air beton. Secara keseluruhan, *bottom ash* PLTU Pulang Pisau dapat digunakan sebagai alternatif agregat halus pada campuran beton. Pemanfaatan ini tidak hanya mendukung pengurangan penggunaan agregat alam, tetapi juga menjadi solusi pengelolaan limbah industri yang berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

ACI Committee 232.2R, Use of Fly Ash in Concrete, 2019.

Antoni dan Nugraha, P.(2007). Teknologi Beton. Yogyakarta :AndiCoal *Bottom ash/Boiler Slag-Material Description*. (2000). Retrieved from:
http://www.fthrc.gov/hnr20/recycle/waste/cba_bs2.html,

Campuran Beton Ramah Lingkungan. *Jurnal Rekayasa Sipil*, Vol. 10(2).

Darwis, Z.,dkk.(2015). “Pemanfaatan Limbah *Bottom ash* sebagai Substitusi Agregat Halus dalam Pembuatan Beton”. *Jurnal Fondasi*,4(1).

Hardiana, Nasruddin & Pratiwi (2019) *Bottom ash: Pengganti Agregat Halus dalam Pembuatan Beton*, Vol. 8 No. 3 *Jurnal Lingkungan Binaan Indoensia*.

Kementerian ESDM (2022). Laporan Pengelolaan Limbah FABA pada Sektor Energi.referensi seperti Mendeley, Zotero, dan aplikasi lain.

Kim, H. K.(2015). “Utilization of Sieved and Ground Coal *Bottom ash* Powders as a Coarse Binder in High-Strength Mortar to Improve Workability.”*Construction and Building Materials*. 91,57–64.Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat>.

Muntohar, A.S., (2021). Pemanfaatan Fly Ash dan *Bottom ash* sebagai Bahan

Pradita, S., dkk.(2012). “Pemanfaatan Abu Dasar (*Bottom ash*) sebagai Bahan Substitusi Pasir pada Beton Mutu Normal”. Retrieved from https://repository.unri.ac.id/bitstream/handle/123456789/4596/SURYAPRADITA_0807121053.pdf

SNI 03-1968-1990. (1990). Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan `Agregat Halus dan Kasar. Bandung: Badan Standardisasi Nasional.

SNI 03-1969-1990. (1990). Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar. Bandung: Badan Standardisasi Nasional.

SNI 03-1970-1990. (1990). Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus. Bandung: Badan Standardisasi Nasional.

SNI 03-1971-1990.(1990). Metode Pengujian Kadar Air Agregat. Bandung: Badan Standardisasi Nasional.

SNI 03-1970-1990. (1990). Metode Pengujian Berat Jenis dan penyerapan air agregat halus.Bandung: Badan standardisasi Nasional.

SNI 03-1971-1990. (1990). Metode Pengujian Kadar Air Agregat. Bandung: Badan standardisasi Nasional.

SNI 03-2834-2000, Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal.

Tjokrodimuljo, K. (1996). Teknologi Beton. Yogyajarta: Nafiri