Pemanfaatan Abu Kayu dan *Fly Ash* sebagai Material Pengganti Sebagian Semen

Eka Susanti*, Dewi Kusumaningrum, Jaka Propika, Heri Istiono, Primario Jatupasha
Teknik Sipil, FTSP, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya

Email: ekasusanti@itats.ac.id

DOI: https://doi.org/10.31284/j.jtm.2023.v4i2.4563
Received 4 June 2023; Received in revised 26 July 2023; Accepted 27 July 2023; Available online 28 July 2023
Copyright: ©2023 Eka Susanti, Dewi Kusumaningrum, Jaka Propika, Heri Istiono, Primario Jatupasha
License URL: https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0

Abstract

Partial replacement of cement as a concrete forming material is being developed. This is to reduce negative effects on the environment. The focus of this research is to utilize wood ash waste as a partial replacement material for cement (into wood ash mortar) and examine the effect of adding fly ash on the compressive strength of wood ash mortar. For this purpose, different concrete mixes were designed with wood ash percentages of 2.5%, 5% and 10%. Optimal compressive strength of 5% wood ash mortar varied with 5%, 10% and 20% fly ash. This test object used mortar measuring 5×5×5 cm as many as 54 pieces with testing time at the age of 7 and 28 days. The results of the setting time test for all concrete mortar samples with wood ash and variations in the percentage of fly ash have met the standard cement setting time. The results of the compressive strength test showed that the addition of fly ash increased the compressive strength of the wood ash mortar.

Keywords: *compressive strength, fly ash, mortar, setting time, wood ash*

Abstrak

Penggantian sebagian semen sebagai bahan pembentuk beton, sedang dikembangkan. Hal itu untuk mengurangi efek negatif terhadap lingkungan. Fokus penelitian ini adalah memanfaatkan limbah abu kayu sebagai material pengganti sebagian semen (menjadi mortar abu kayu) dan meninjau pengaruh penambahan *fly ash* terhadap kuat tekan mortar abu kayu. Untuk tujuan ini, campuran beton yang berbeda dirancang dengan prosentase penggunaan abu kayu 2,5%,5% dan 10%. Kuat tekan optimal pada mortar abu kayu 5% divariasikan dengan *fly ash* 5%, 10%, dan 20%. Benda uji ini menggunakan mortar berukuran 5×5×5 cm sebanyak 54 buah dengan waktu pengujian pada umur 7 dan 28 hari. Hasul pengujian *setting time* untuk semua sample mortar beton dengan abu kayu dan variasi prosentase *fly ash* telah memenuhi standart waktu pengikatan semen. Hasil pengujian kuat tekan menunjukkan bahwa penambahan *fly ash* dapat meningkatkan kuat tekan mortar abu kayu.

Kata Kunci: abu kayu, *fly ash*, kuat tekan, mortar, *setting time*

1. PENDAHULUAN

Industri semen Portland menghasilkan banyak karbon dan energi yang berdampak negatif pada lingkungan. Para peneliti telah mengembangkan bahan tambahan, sebagai pengganti sebagian semen pada campuran beton. Material pengganti sebagian semen adalah bahan padat yang ditumbuk halus dan digunakan untuk menggantikan sebagian semen dalam campuran beton. Material pengganti sebagian semen, memiliki sifat pozzolan. Istilah pozzolan mengacu pada bahan yang mengandung silika, yang dalam bentuk halus dan adanya air, akan bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida (CH1) untuk membentuk senyawa semen [1]. Bahan

tambahan tersebut lebih banyak memanfaatkan limbah yang mengandung silika seperti *Fly Ash* (FA), abu kayu (AK), abu sekam padi, abu ampas tebu dan lainnya [1]–[5].

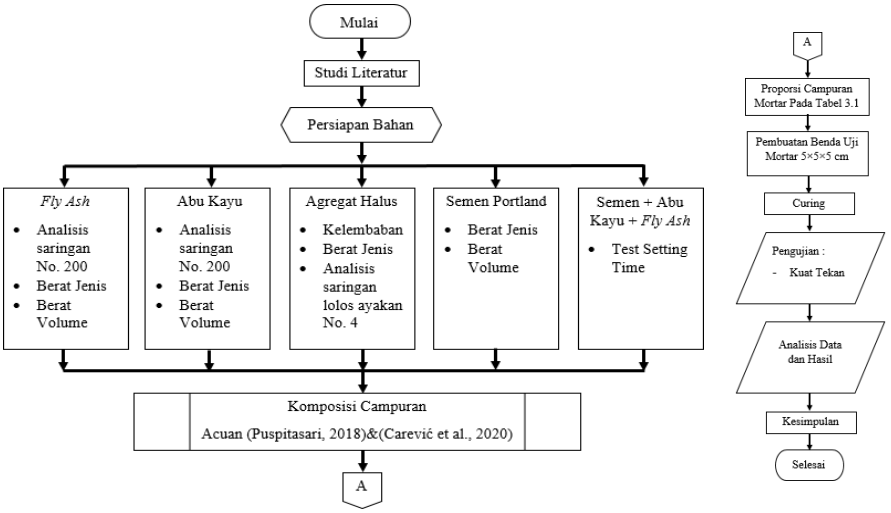
Desa Kaloran Kabupaten Nganjuk dikenal sebagai sentra produksi batu bata. Kayu bakar adalah energi panas yang paling banyak digunakan oleh pengrajin batu bata. Diperlukan suhu yang cukup panas dan waktu dua sampai tiga hari untuk menghasilkan batu bata merah yang berkualitas. Dibutuhkan kayu bakar sejumlah 9 m^3 untuk membakar 25.000 buah batu bata. Hasil samping dari proses pembakaran batu bata adalah limbah abu kayu yang jumlahnya meningkat seiring semakin banyaknya jumlah batu bata yang diproduksi[6]. Pemanfaatan abu kayu sebagai bahan pengganti sebagian semen sudah dilakukan oleh beberapa peneliti [1]–[7]. Hasil penelitian menunjukkan bahwa abu kayu memiliki kandungan silica yang tinggi yang dapat bereaksi dengan kalsium hidroksida dalam semen untuk membentuk senyawa ikatan yang kuat terhadap tekanan. [5]. Namun penelitian lain menunjukkan bahwa meskipun abu kayu memiliki kandungan silica yang tinggi, namun kandungan silica pada fly ash lebih bersifat pozzolan dan memiliki partikel yang lebih halus [4].

Penelitian ini bertujuan memanfaatkan limbah abu kayu di desa Kaloran sebagai material pengganti sebagian semen dengan melihat pengaruh setting time dan kuat tekan pada mortar abu kayu. Selain itu penelitian ini juga membandingkan pengaruh penambahan fly ash terhadap kuat tekan mortar abu kayu, dengan harapan adanya peningkatan kuat tekan[8]–[10]. Dalam penelitian ini abu kayu digunakan sebagai bahan pengganti sebagian semen dikarenakan banyaknya limbah abu kayu yang tidak dimanfaatkan Kembali dan menyebabkan pencemaran lingkungan, limbah abu kayu ini berasal dari limbah abu kayu meranti pada pabrik pembuatan batu bata di Desa Kaloran Kabupaten Nganjuk, sedangkan fly ash sebagai zat tambahan yang mengandung silica dan alumina untuk memperkuat kualitas mortar, juga termasuk dalam limbah abu yang cukup banyak dan belum termanfaatkan atau diolah kembali, berasal dari PLTU Bolok di Kota Nusa Tenggara Timur.

Mortar adalah campuran agregat halus (pasir), semen portland, dan air dengan komposisi yang telah ditentukan oleh standar SNI 03-6825-2002 [11]. Fungsi utama mortar adalah untuk meningkatkan daya rekat dan ketahanan elemen struktur bangunan. Kekuatan mortar tergantung pada gaya kohesif pasta semen dan agregat halus. Nilai penyusutan mortar relatif kecil. Mortar harus tahan terhadap penyerapan air, dan kuat gesernya harus menahan gaya-gaya yang bekerja pada mortar. Maka penelitian ini juga berusaha memanfaatkan limbah abu kayu dan fly ash sebagai pengganti sebagian semen. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan melakukan pembuatan mortar, test setting time, dan tes kuat tekan. Penelitian ini bertujuan untuk melanjutkan penelitian sebelumnya tentang bagaimana menciptakan eco green concrete dengan mengganti sebagian semen dan memanfaatkan limbah abu kayu dan fly ash sebagai bahan tambahan.

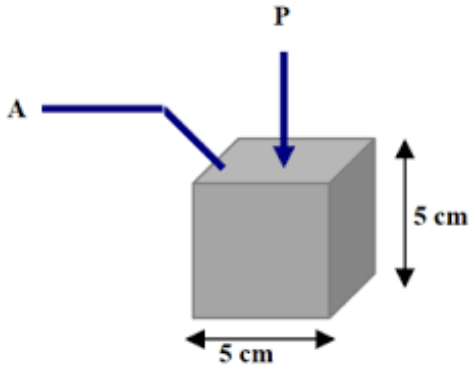
2. METODE

Penelitian ini bersifat eksperimental, pengujian dan pembuatan benda uji dilakukan di laboratorium Teknologi Beton Institut Teknologi Adhitama Surabaya (ITATS). Bahan yang digunakan untuk penelitian ini antara lain semen Portland Gresik tipe 1, pasir Lumajang, abu kayu, f*ly ash* dan air. Abu Kayu dalam penelitian ini adalah abu kayu Meranti dari pabrik pembuatan batu bata di Desa Kaloran Kabupaten Nganjuk. *Fly ash* digunakan tipe C. Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan seperti yang terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Tahap pertama dalam penelitian ini adalah studi literatur terkait pemanfaatan abu kayu sebagai bahan pengganti sebagian semen. Tahap kedua adalah persiapan bahan material, yaitu semen, kerikil, pasir, abu kayu dengan treatment lolos saringan no.200 sebanyak 78% dan Fly Ash tipe C. Setelah itu tahap pengujian masing-masing material untuk memastikan kualitas material memenuhi persyaratan SNI-2493-2011 [12]. Setelah itu membuat komposisi campuran mortar abu kayu yang mengacu pada penelitian [1] dengan variabel penambahan abu kayu yang bervariasi antara 2,5%, 5%, dan 10% dari berat semen. Hasil uji kuat tekan mortar abu kayu tertinggi, diberi tambahan fly ash dengan variasi 10%, 15% dan 20% untuk meningkatkan kuat tekan mortar kayu. Tahap selanjutnya yaitu pembuatan sampel mortar untuk tes tekan yang menggunakan cetakan kubus dengan ukuran 5x5x5 cm^3, detail benda uji dapat dilihat pada Gambar 2. Sampel mortar dibuat dengan mengacu pada penelitian [1], komposisinya dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 2. Detail Benda Uji Penelitian

Tabel 5. Perencanaan Proporsi Campuran Mortar

Benda Uji	Abu Kayu (gram)	*Fly Ash* (gram)	Pasir (gram)	Semen (gram)
Mortar Normal	-	-	3000	1000
AK2,5	25	-	3000	975
AK5	50	-	3000	950
AK,7,5	75	-	3000	925
AK5FA0	50	-	3000	950
AK5FA5	50	50	3000	900
AK5FA10	50	100	3000	850
AK5FA15	50	150	3000	800

ISSN: 2721-1878 | DOI: 10.31284/j.jtm.2023.v4i2.4563

AK5FA20	50	200	3000	750

Sumber : Data Olahan Pribadi 2022

Pengetesan untuk kuat tekan mortar dilakukan pada umur 7 dan 28 hari. Pengetesan dilakukan dengan menggunakan Universal Testing Machine di Laboratorium Teknologi Beton ITATS . Hasil pengetesan kemudian diolah untuk mendapatkan pengaruh penambahan abu kayu dan fly ash terhadap kuat tekan mortar.

3. HASIL

Analisis Pengujian Material

Material yang digunakan pada campuran mortar harus dilakukan pengujian sebelum masuk ke tahapan perencanaan campuran mortar. Hal ini untuk menjamin kualitas mortar sesuai dengan yang direncanakan. Hasil dari pengujian agregat halus meliputi pengujian kelembaban, berat jenis, berat volume, kadar lumpur dan analisa saringan. Dan hasil pengujian semen Portland Tipe I meliputi pengujian berat jenis dan *setting time*. Hasil pengujian material menunjukkan semuanya memenuhi syarat dan dapat digunakan sebagai material campuran mortar (table 1 dan 2).

Tabel 1. Hasil Analisis Pengujian Agregat Halus

No.	Pengujian	Hasil	Standart	Keterangan	Peraturan
1.	Kelembaban	2,3 %	1 - 5 %	Memenuhi	ASTM C 556 - 89
2.	Berat Jenis	2,48 gr/cm^3	1,60 - 3,30 gr/cm^3	Memenuhi	ASTM C 127 - 93
3.	Berat Volume	1,44 kg/dm^3	0,4 - 1,9 kg/dm^3	Memenuhi	ASTM C 29 / C 29 M - 91
4.	Kadar Lumpur	0,6 %	Maks 5 %	Memenuhi	ASTM C 117 - 95
5.	Analisis Saringan	Zona 2 (Fm = 2,8)	2,2 < Fm < 3,1	Memenuhi	ASTM C 136 - 95A

Sumber : Data Olahan Pribadi 2022

Tabel 2. Hasil Analisis Pengujian Semen

No.	Pengujian	Hasil	Standart	Keterangan	Peraturan
1.	Berat Jenis	3,05 gr/cm^3	3 - 3,2 gram/cm^3	Memenuhi	ASTM C 188 - 89
2.	Setting Time	89.85 - 165 menit	45 - 375 menit	Memenuhi	SNI 2049 - 2015

Sumber : Data Olahan Pribadi 2022

Analisis Perbandingan Kandungan Kimia Semen, Abu Kayu, dan *Fly Ash*

Fly ash tidak memiliki kemampuan mengikat seperti halnya semen (CaO nya sedikit), namun dengan kehadiran air dan ukurannya yang halus, oksida silika (SiO_2) yang dikandung di dalam *fly ash* akan bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida (CaO) yang terbentuk dari proses hidrasi semen dan menghasilkan zat yang memiliki kemampuan yang mengikat [8]. Perbandingan kandungan kimia semen dan *fly ash* dapat diliat pada Tabel 3 berikut ini.

Tabel 3. Perbandingan Kandungan Kimia Semen, Abu Kayu, dan *Fly Ash*

No.	Kandungan Kimia	Semen	Abu Kayu	*Fly Ash*
1.	CaO	63,23	20,72	18,18
2.	SiO_2	20,17	34,97	34,29
3.	Al_2O_3	5,67	13.03	16,62
4.	Fe_2O_3	2,66	15,97	15,38
5.	MgO	2,51	5,45	7,92

ISSN: 2721-1878 | DOI: 10.31284/j.jtm.2023.v4i2.4563

6.	SO_3	4,0	1,42	1,63
7.	Na_2O	0,7	1,89	2,97

Sumber : Data Olahan Pribadi 2022

Analisis Perbandingan Berat Jenis dan Berat Volume Semen, Abu Kayu, dan *Fly Ash*

Dari hasil pengujian berat jenis dan berat volume semen, *fly ash*, dan abu kayu dapat diketahui bahwa berat jenis dan berat volume semen lebih besar dibanding berat jenis dan berat volume abu kayu dan *fly ash*. Berdasarkan standart berat jenis semen hasil dari berat jenis abu kayu dan *fly ash* tidak memenuhi standart dari berat jenis semen. Berikut hasil perbandingan berat jenis semen, abu kayu, dan *fly ash* dapat dilihat pada Tabel 4 berikut ini.

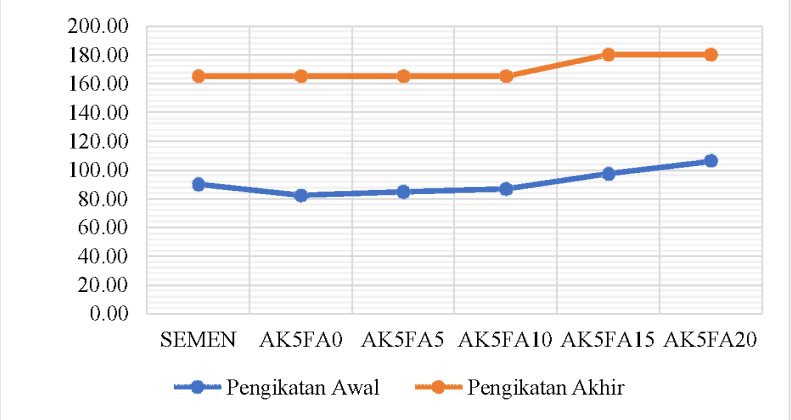
Tabel 4. Perbandingan Berat Jenis dan Berat Volume Semen, Abu Kayu, dan *Fly Ash*

No.	Pengujian	Hasil		
		Semen	*Fly Ash*	Abu Kayu
1.	Berat Jenis	3,05 gr/cm^3	2,72 gr/cm^3	2,58 gr/cm^3
2.	Berat Volume (Rojok)	1,104 kg/dm^3	0,908 kg/dm^3	0,511 kg/dm^3
3.	Berat Volume (Tanpa Rojok)	1,098 kg/dm^3	0,901 kg/dm^3	0,504 kg/dm^3

Sumber : Data Olahan Pribadi 2022

Hasil Analisis Test Setting Time

Hasil analisis pengujian *Test Setting Time* atau pengikatan awal dan akhir semen normal, semen dengan campuran abu kayu, serta semen campuran abu kayu dan *fly ash* dapat dilihat pada Gambar 3. berikut ini.



Gambar 3. Grafik Perbandingan Pengikatan Awal dan Akhir

Dari Gambar 2 dapat diketahui bahwa pengikatan awal dan akhir semen dapat dipengaruhi oleh campuran abu kayu dan *fly ash* dengan tampilan grafik menurun yang berarti mempercepat waktu dan grafik meningkat artinya memperlambat waktu. Semua sampel, baik mortar semen, mortar abu kayu, mortar abu kayu dan *fly ash*, menunjukkan nilai *setting time* yang memenuhi standar [13]dengan nilai pengikatan awal minimal 45 menit dan pengikatan akhir maksimum 375 menit. Dari hasil tersebut diketahui bahwa penggunaan abu kayu dan *fly ash* memiliki waktu pengikatan sesuai dengan standar [13] sebagai bahan pengikat agregat mortar.

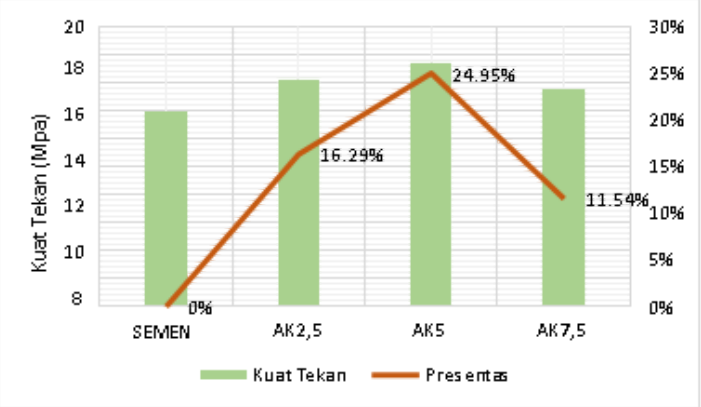
Hasil Analisis Pengujian Kuat Tekan Mortar

Kuat Tekan Mortar Campuran Abu Kayu

Hasil uji kuat tekan mortar abu kayu menunjukkan nilai kuat tekan optimum pada

ISSN: 2721-1878 | DOI: 10.31284/j.jtm.2023.v4i2.4563

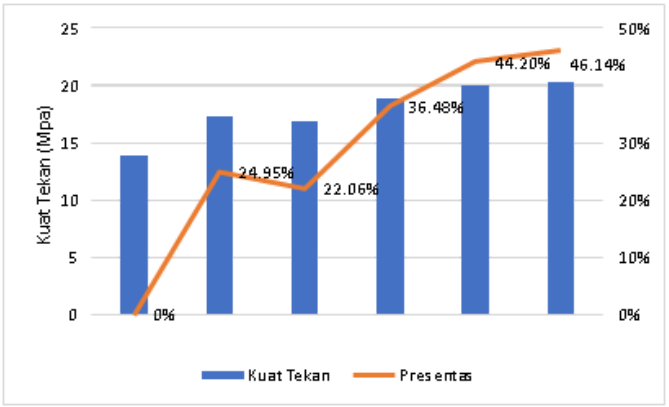
penggunaan abu kayu 5% (Gambar 4). Hasil pengujian ini menunjukkan kesesuaian hasil dengan penelitian terdahulu yang digunakan sebagai acuan [1], dimana kuat tekan optimum pada penggunaan abu kayu 5% (AK5) dengan persentase peningkatan sebesar 24.95% terhadap mortar semen. Hal ini karena abu kayu mengandung *pozzolan* berkisar antara 50% - 75% dan memiliki kandungan silika dan kalsium hidroksida yang memiliki sifat dapat mengikat material.



Gambar 4. Grafik Perbandingan Persentase Peningkatan Kuat Tekan Mortar Abu Kayu

Kuat Tekan Mortar Campuran Abu Kayu dan *Fly Ash*

Studi peningkatan kuat tekan mortar abu kayu 5% dilakukan dengan menambahkan fly ash dengan berbagai variasi persentase. Hasil uji tekan mortar abu kayu dengan penambahan fly ash dapat dilihat pada Gambar 5 berikut ini.



Gambar 5. Grafik Persentase Nilai Kuat Tekan Mortar Campuran Abu Kayu dan *Fly Ash*

Dari hasil kuat tekan mortar berdasarkan campuran abu kayu dan *fly ash* pada Gambar 5 dapat diketahui bahwa penggunaan *fly ash* pada campuran mortar abu kayu 5% cukup berpengaruh pada peningkatan kuat tekan. Pada variasi *fly ash* 10% terjadi peningkatan persentase sebesar 9,2% terhadap mortar campuran abu kayu 5%, sedangkan variasi *fly ash* 15% terjadi peningkatan persentase sebesar 15,4% terhadap semen normal. Selanjutnya untuk nilai optimum terdapat pada campuran *fly ash* 20 % dengan persentase peningkatan sebesar 16% terhadap mortar campuran abu kayu 5 %. Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa *fly ash* dapat meningkatkan kuat tekan mortar abu kayu 5%, karena *fly ash* adalah salah satu zat supplementary cementitious yang memiliki kandungan pozzolan mendekati kandungan pozzolan semen. Dengan demikian penggunaan *fly ash* dapat meningkatkan kuat tekan mortar abu kayu 5% hingga pada variasi 20% *fly ash* dan dapat menggantikan sebagian semen hingga 25% menggunakan campuran abu kayu dan *fly ash.*

 ISSN: 2721-1878 | DOI: 10.31284/j.jtm.2023.v4i2.4563

KESIMPULAN

Dari hasil pengujian test setting time terhadap mortar abu kayu dan *fly ash* menunjukkan kinerja mortar sebagai bahan pengikat, sudah memenuhi standart [13]. Dari hasil pengujian kuat tekan campuran mortar abu kayu dapat diketahui bahwa kuat tekan optimum dari mortar abu kayu adalah dengan penggunaan abu kayu sebesar 5%. Peningkatan kuat tekan mortar abu kayu 5% dapat dilakukan dengan menambahkan fly ash, semakin banyak persentase fly ash yang ditambahkan pada penelitian ini, semakin tinggi peningkatan kuat tekannya.

DAFTAR PUSTAKA

[1] I. Carević, A. Baričević, N. Štirmer, and J. Šantek Bajto, "Correlation between physical and chemical properties of wood biomass ash and cement composites performances," *Constr. Build. Mater.*, vol. 256, 2020, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2020.119450.

[2] B. Meko and J. O. Ighalo, "Utilization of Cordia Africana wood sawdust ash as partial cement replacement in C 25 concrete," *Clean. Mater.*, vol. 1, no. August, p. 100012, 2021, doi: 10.1016/j.clema.2021.100012.

[3] M. Abdullahi, "Characteristics of Wood ASH / OPC Concrete," no. 8, pp. 9–16, 2006.

[4] V.-A. Vu and P. B. and J. D. Alain Cloutier, Benoit Bissonnette, "materials The Effect of Wood Ash as a Partial Cement Replacement Material for Making," 2019.

[5] M. J. Indra, C. Tjondro, and H. Sugiharto, "Pemanfaatan abu limbah gergaji kayu sebagai campuran pembuatan beton," *J. Dimens. Pratama Tek. Sipil*, vol. 2, no. 2, pp. 1–7, 2013.

[6] C. A. (Program S. Kehutanan, F. Pertanian, And U. M. Makassar), *Tingkat Konsumsi Kayu Bakar Pada Pembakaran Batu Merah Di Desa Bontonompo Kecamatan Bontonompo Kabupaten Gowa*. 2019.

[7] A. A. Ihsanu, "Pengaruh Penambahan Abu Arang Kayu Sebagai Pengganti Sebagian Semen Terhadap Beton Normal Untuk Penerapan Pada Konstruksi Jalan Rigid Pavement," pp. 1–8, 1945.

[8] D. Hardjito, "Abu Terbang Solusi Pencemaran Semen," *Sinar Harapan*, p. 11, 2001.

[9] E. Susanti, H. Istiono, I. Komara, D. Pertiwi, Y. Septiarsilia, and F. K. Syahputra, "Effect of fly ash to water-cement ratio on the characterization of the concrete strength," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 1010, no. 1, 2021, doi: 10.1088/1757-899X/1010/1/012035.

[10] M. R. Maulana, "Pengganti Sebagian Semen (Comparison of Concrete Strength With Fly Ash and Silica Fume As a Partial Cement Substitutions)," *Univ. Islam Indonesia.*, 2022.

[11] Badan Standardisasi Nasional (BSN), "SNI 03-6825-2002 Standar Nasional Indonesia Metode pengujian kekuatan tekan mortar semen Portland untuk pekerjaan sipil," *Badan Stand. Nas.*, p. 10, 2002.

[12] SNI 2493-2011, "Tata Cara Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton di Laboratorium," *Badan Standar Nas. Indones.*, p. 23, 2011, [Online]. Available: www.bsn.go.id

[13] BSN, "SNI 15-2049-2004 Semen portland," *SNI*, p. 132, 2004, doi: 10.1891/jnum.10.1.5.52550.

How to cite this article:
Susanti E, et al. Pemanfaatan Abu Kayu dan Fly Ash sebagai Material Pengganti Sebagian Sement. *Jurnal Teknologi dan Manajemen.* 2023 Juli; 4(2):78-84. DOI: 10.31284/j.jtm.2023.v4i2.4563