



Pengaruh SiO₂ Dari *Fly Ash* dan CaO Dari Cangkang Kerang Terhadap Densitas dan Daya Serap Air Batako

Wirna Dewi Zebua, Universitas Negeri Medan, Indonesia

Nurfajriani*, Universitas Negeri Medan, Indonesia

Yohansen Wahyudi, Universitas Negeri Medan, Indonesia

ABSTRACT

Brick is a building material consisting of a mixture of cement and aggregate. Cement has a bad impact on the environment, namely as one of the biggest contributors to CO₂ emissions. On the other hand, burning coal at the PLTU produces fly ash waste. This study aims to make bricks from fly ash and CaO mixtures. Batako is made with the addition of SiO₂ at 7,5; 10; 12,5 and 15% and CaO at 2,68; 3,35; 4,02 and 4,69%. By adding 15% SiO₂ and 2,68% CaO, the brick density value is 1.64 g/cm³. By adding 15% fly ash and 7% CaO, the brick density value is 1.69 g/cm³. The more fly ash added, the lower the density value in the adder, while adding more CaO can increase the densities of the bricks. In the water absorption and porosity tests, the addition of 10% SiO₂ and 4,02% CaO was optimal. SiO₂ and CaO react to form calcium silicate hydrate, which can shrink the pores of the brick so that water absorption is low.

ARTICLE HISTORY

Submitted 21/09/2023

Revised 22/10/2023

Accepted 29/11/2023

KEYWORDS

fly ash; SiO₂; CaO; batako

CORRESPONDENCE AUTHOR

✉ nurfajriani@unimed.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.30743/cheds.v7i1.8007>

1. PENDAHULUAN

Di era modern ini, pembangunan semakin berkembang pesat. Hal ini menyebabkan peningkatan penggunaan bahan bangunan seperti kerikil, pasir, dan semen. Dinding dari bangunan biasanya menggunakan batako dan batu bata. Namun karena kebutuhan yang semakin meningkat maka kebutuhan bahan bangunan berupa batu bata akan terus meningkat, dan semakin sedikit pula lahan yang digunakan untuk pembakaran batu bata. Berdasarkan hal tersebut, batu batako dapat digunakan sebagai alternatif pengganti batu bata. (Arisandi et al, 2018). Batako adalah bahan bangunan yang terdiri dari campuran semen dan agregat (pasir dan kerikil) dengan perbandingan tertentu dengan penambahan air untuk meningkatkan daya rekat komponen campurannya. Namun produksi semen berbahan dasar batu bata tergolong tidak ramah lingkungan. (Kamali et al., 2018). Dampak semen terhadap lingkungan adalah keluarnya karbon dioksida (CO₂). Industri semen merupakan salah satu penyumbang emisi CO₂ terbesar.

Di sisi lain, beberapa PLTU di Indonesia yang menghasilkan *fly ash* dalam jumlah besar setiap tahunnya. *Fly ash* merupakan partikel halus berupa abu sisa pembakaran batu bara. *Fly ash* merupakan serbuk halus dan ringan yang diperoleh dari campuran gas buang hasil proses pembakaran batubara. (Pangestuti, 2011). *Fly ash* mempunyai sifat pozzolan yang baik dengan kandungan silika dan alumina yang tinggi, sehingga dapat bereaksi dengan air dan kapur mati pada suhu kamar dan berubah menjadi massa padat yang tidak larut dalam air. (Rijal & Sukandi, 2018). Komponen utama abu terbang adalah silika (SiO₂), alumina (AlO₃), kalsium (CaO), dan sejumlah kecil magnesium, kalium, natrium, dan belerang. Namun kandungan *fly ash* memiliki kandungan silika yang cukup tinggi yakni mencapai 70%. Kandungan silika yang relatif tinggi memungkinkan *fly ash* menjadi material yang mempunyai sifat pozzolan dan dapat digunakan sebagai material substitusi untuk mengurangi penggunaan semen. Karakteristik fisik batako yang dicampur dengan abu terbang (*fly ash*) lebih ringan dan lebih padat dibanding dengan batako tanpa dicampur abu terbang (Siagian & Dermawan, 2011).

Menurut BPS (2016), jumlah limbah cangkang yang dihasilkan dari kegiatan ekspor Indonesia pada tahun 2015 mencapai 109.624,4 ton, dan pemanfaatan cangkang kerang darah masih tergolong rendah. Cangkang kerang mengandung kalsium oksida dan fosfor, yang dapat digunakan untuk memperkuat batako. Cangkang kerang mengandung sekitar 67% kalsium oksida (Arisandi et al., 2018). Selain kalsium, cangkang kerang darah juga mengandung protein 2–3% (Mahary, 2019). Serbuk cangkang mengandung senyawa kimia pozzolan yang mengandung kapur, silika, dan alumina sehingga cocok digunakan sebagai bahan baku pembuatan beton, mortar, dan batako. Berdasarkan hal tersebut maka penelitian ini dirancang untuk membuat batako dari limbah *fly ash* dan cangkang kerang



darah sebagai bahan substitusi untuk mengurangi penggunaan semen. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kandungan SiO₂ dari *fly ash* dan CaO dari cangkang kerang terhadap kuat tekan, densitas dan daya serap air batako.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain peralatan gelas, blender, timbangan digital, timbangan analitik, ayakan 200 mesh, cetakan berbentuk silinder (tinggi = 10 cm, diameter = 4 cm), jangka sorong, penggaris, ember, sendok semen, dan oven. Bahan yang digunakan adalah NaOH, *fly ash* tipe C, pasir, cangkang kerang darah, semen, dan air.

2.2 Prosedur Kerja

2.2.1 Preparasi Cangkang Kerang

Cangkang yang terkumpul dibersihkan dari kotoran yang menempel. Pertama, cangkang kerang direndam dalam air dan deterjen selama 1 jam untuk menghilangkan kotoran pada cangkang. Kemudian bilas hingga bersih. Kemudian, cangkang kerang direndam dalam NaOH teknis 0,1 M selama 48 jam untuk memisahkan cangkang kerang dengan sisa daging dan lemak yang masih menempel. Lalu dicuci dan dijemur di bawah sinar matahari. Kemudian kulit kerang dihaluskan dengan blender. Setelah itu dikalsinasi pada suhu 800 °C selama 2 jam hingga berubah menjadi abu berwarna putih keabu-abuan. Kemudian diayak dengan saringan 200 mesh.

2.2.2 Pembuatan Batako

Campur semua bahan hingga homogen atau berbentuk adonan, lalu masukkan ke dalam cetakan, padatkan, tunggu hingga kering, lalu keluarkan batako dari cetakan. Batako dibuat dengan campuran *fly ash* (15, 20, 25, dan 30%) serta CaO (4, 5, 6, dan 7%). Sampel dikeringkan dan diberi perlakuan selama 28 hari sebelum pengujian.

2.2.3 Uji Densitas

Uji massa jenis dilakukan menurut hukum Archimedes. Sampel yang telah mengeras selama 28 hari dikeringkan dalam oven bersuhu 105°C selama 1 jam, kemudian ditimbang massa kering batako (ms), kemudian sampel direndam dalam air selama 1 jam untuk mengoptimalkan penetrasi air ke dalam. tes. Setelah penetrasi selesai, bersihkan permukaan sampel dan timbang hingga diperoleh massa basah (jenuh) (mb). Kemudian gantung sampel dan pastikan tepat berada di tengah gelas kimia yang berisi air; catat massa sampel yang tersuspensi dalam air (mg); kemudian keluarkan sampel dari kawat suspensi dan catat massa suspensi (Yulian, 2010).

2.2.4 Uji Daya Serap Air

Untuk pengukuran daya serap air pada batako lihat SNI 03-0349-1989. Sampel berumur 28 hari direndam dalam air sampai jenuh selama 24 jam kemudian ditimbang basah. Kemudian dikeringkan selama 24 jam pada suhu 105°C hingga massa setelah penimbangan ganda tidak melebihi 0,2% (Setiawan et al., 2017).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Reaksi Kalsinasi Cangkang Kerang

Pada penelitian ini proses kalsinasi dilakukan pada suhu 800°C selama 2 jam untuk melepaskan CO₂ dan menghasilkan CaO yang berwarna putih keabuan. Cangkang kerang darah (*anadara granosa*) memiliki kandungan kalsium karbon tertinggi yakni 95,7%. Cangkang kerang darah memiliki kandungan kalsium oksida (CaO) sebesar 67,072 % dari bobot kering (Esa, et al., 2021). Dekomposisi termal dari CaCO₃ dapat dilakukan pada suhu 500 - 1000°C. Reaksi dekomposisi termal yang terjadi adalah sebagai berikut :



3.2 Reaksi Pembuatan Batako

Fly ash tipe C dihasilkan dari pembakaran lignit atau batu bara subbituminus. *Fly ash* ini memiliki Sifat pozzolan selain memiliki sifat semen dengan kadar kapur lebih besar dari 10% (Guo et al., 2010). *Fly ash* mempunyai sifat pozzolan (mengandung senyawa silika atau alumina) (Nurchasanah, 2013), sehingga bila dicampur dengan kapur dan air akan membentuk kalsium silikat hidrat. Diketahui komponen utama *fly ash* adalah silika (SiO₂) sebanyak 50% yang mampu mengikat sisa kapur ketika semen berinteraksi dengan air. Ketika air dimasukkan, maka senyawa mengalami hidrasi dan akan berkontribusi terhadap kondisi akhir beton. Kalsium silikat hidrat berkontribusi pada kekuatan. Trikalsium silikat pada sebagian besar kekuatan pada umur 7 hari, sedangkan dikalsium silikat bereaksi lebih lambat,

berkontribusi pada kekuatan yang terlambat. Ketika semen terhidrasi, terbentuk Ca(OH)₂ yang berasal dari kapur bebas, yang terbentuk sebagai hasil reaksi CaO bebas + H₂O → Ca(OH)₂. Ca(OH)₂, terbentuk selama hidrasi kapur bebas, mengurangi kekuatan batako dan menyebabkan retakan. SiO₂ akan bereaksi dan berikatan dengan kalsium oksida (CaO) pada saat pembuatan batako membentuk dikalsium silikat dan trikalsium silikat. Dengan demikian keberadaan Ca(OH)₂ berkurang karena berkurangnya CaO bebas (Wijaya et al., 2021).

Reaksi pembentukan dikalsium silikat:



Reaksi pembentukan trikalsium silikat:



Sebagai bahan pengisi batako kalsium silikat terhidrasi dapat menurunkan daya serap air dengan cara mengisi pori-pori batako sehingga batako menjadi kuat dan sulit rusak.

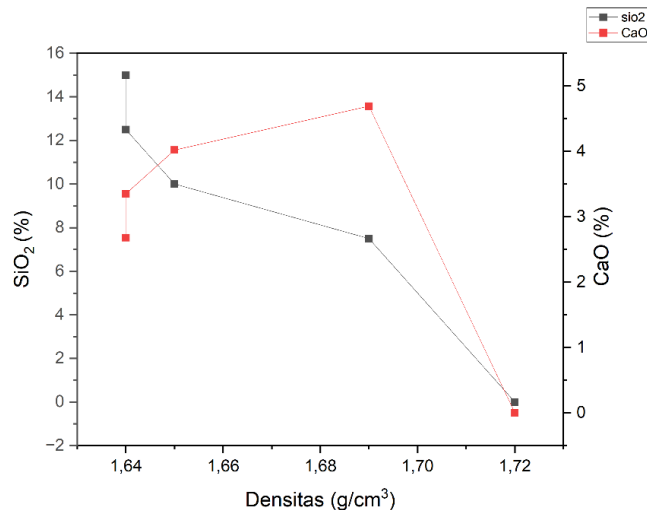
3.3 Hasi Uji Densitas

Densitas adalah berat per satuan volume atau perbandingan antara massa jenis relatif dari bata beton terhadap massa jenis air. Batako normal memiliki nilai densitas 2200-2400 kg/cm³ (2,2-2,4 g/cm³) dan dikatakan bata beton ringan jika nilai densitasnya < 2000 kg/m³ (2 g/cm³) (Nursyahid, et al 2016).

Tabel 1: Hasil Uji Densitas

SiO ₂ (%)	CaO (%)	Densitas ρ _{pc} (g/cm ³)
0	0	1,72
7,5	4,69	1,69
10	4,02	1,65
12,5	3,35	1,64
15	2,68	1,64

Berdasarkan tabel 1, maka dapat diketahui bahwa batako tersebut merupakan jenis bata ringan, karena nilai densitasnya < 2 g/cm³. Dan dapat dibuat grafik hubungan antara penambahan SiO₂ dan CaO terhadap densitas.



Gambar 1: Grafik hubungan penambahan SiO₂ dan CaO terhadap densitas batako

Nilai densitas batako tanpa penambahan SiO₂ dan CaO yaitu 1,72 g/cm³, pada penambahan SiO₂ 7,5% dan CaO 4,69% nilai densitas batako yaitu 1,69 g/cm³, pada penambahan SiO₂ 10% dan CaO 4,02% nilai densitas batako yaitu 1,65 g/cm³, dan pada penambahan SiO₂ 12,5; 15% dan CaO 3,35; 2,68% nilai densitas batako yaitu 1,64 g/cm³. Maka semakin tinggi komposisi SiO₂ yang digunakan maka nilai densitasnya semakin rendah. Penurunan densitas dapat terjadi karena penambahan SiO₂ yang berlebih sehingga tidak bereaksi dengan kapur Kulit Kerang. Kandungan silika yang amorf (>40%) dari *fly ash* dapat berpotensi memberikan sumbangan keaktifan (mempunyai sifat pozzolan), sehingga mudah mengalami kontak dan bereaksi dengan zat kapur dari kulit kerang bersamaan dengan air membentuk senyawa kalsium silikat hidrat yang dapat mengisi rongga-rongga kosong sehingga memungkinkan densitas lebih besar.

Penurunan nilai densitas dapat disebabkan kelebihan SiO_2 (tidak dapat bereaksi dengan CaO kulit kerang) sehingga akan berfungsi sebagai agregat (Suhanda & Hartono, 2009).

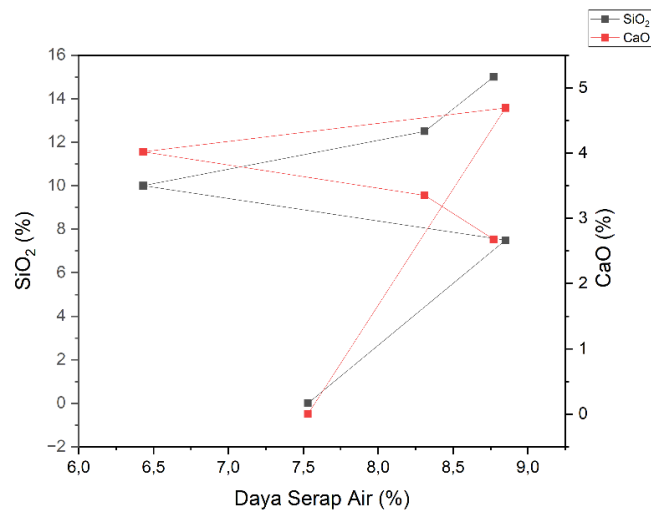
3.2 Hasi Uji Daya Serap Air

Nilai penyerapan air batako dipengaruhi oleh pori-pori atau rongga yang terdapat pada batako. Semakin banyak pori maka penyerapan air akan semakin tinggi dan ketahanan batako akan menurun. Serapan air adalah fungsi dari porositas dan ukuran pori, semakin banyak jumlah pori maka nilai serapan air semakin besar begitu pula sebaliknya (Malik, 2016).

Tabel 2 : Hasil Uji Daya Serap Air

SiO_2 (%)	CaO (%)	Daya Serap Air (%)
0	0	7,53
7,5	4,69	8,85
10	4,02	6,43
12,5	3,35	8,31
15	2,68	8,77

Berdasarkan tabel 2, batako yang dibuat termasuk dalam kelas mutu I, dengan nilai batas serapan air maksimum $\geq 25\%$, maka dapat dibuat grafik hubungan antara daya serap air terhadap penambahan SiO_2 dan CaO .



Gambar 2 : Grafik hubungan penambahan SiO_2 dan CaO terhadap daya serap air batako

Nilai penyerapan air batako pada kondisi normal yaitu 7,53%, lalu mengalami kenaikan pada penambahan SiO_2 7,5% dan CaO 4,69% yaitu 8,85%, dan turun pada penambahan SiO_2 10% dan CaO 4,02% yaitu 6,43%, dan kembali mengalami kenaikan penyerapan air pada penambahan SiO_2 12,5% dan CaO 3,35% yaitu 8,31% dan penambahan SiO_2 15% dan CaO 2,68% yaitu 8,77%. Penurunan nilai penyerapan air batako disebabkan karena rongga-rongga kosong diisi oleh kalsium silikat hidrat yang banyak terbentuk pada penambahan SiO_2 10% dan CaO 4,02%. Akan tetapi pada saat penambahan SiO_2 15% dan CaO 2,68% terdapat sisa SiO_2 yang tidak bereaksi dengan kalsium hidroksida membentuk kalsium silikat hidrat, dan akan menyebabkan kenaikan penyerapan air.

4. SIMPULAN DAN SARAN

Penambahan SiO_2 dan CaO pada kondisi optimal mempengaruhi kepadatan dan daya serap air pada batako. Penambahan SiO_2 mempengaruhi nilai densitas batako; semakin banyak SiO_2 yang ditambahkan maka nilai densitasnya semakin rendah. Pada penambahan SiO_2 15% nilai densitas batako sebesar 1,64%, sedangkan penambahan CaO lebih banyak dapat meningkatkan densitas batako. Sedangkan pada pengujian daya serap air dan porositas, penambahan 10% SiO_2 dan 4,02% CaO merupakan kondisi optimal untuk SiO_2 dan CaO dapat bereaksi membentuk kalsium silikat terhidrasi yang dapat memperkecil pori-pori batu bata sehingga menghasilkan penyerapan air yang rendah. Dengan penambahan SiO_2 12,5 dan 15%, SiO_2 tidak bereaksi dengan kalsium hidroksida membentuk kalsium silikat terhidrasi dan menyebabkan peningkatan penyerapan air. Semua batako yang dibuat pada penelitian ini memenuhi standar SNI dan termasuk dalam batako mutu I.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Arisandi, b., Daulay, S. B., & Sigalingging, R. (2018). Pembuatan batako dengan serbuk kulit kerang bulu (anadara antiquata) dan sikacim concrete addiive. *Jurnal rekayasa pangan dan pertanian*, 6(3), 542-547.
- Esa, D. A., Setiawan, A. A., & Subagyo, G. W. (2021). Cangkang kerang darah (Anadara granosa) sebagai substitusi agregat kasar pada campuran beton. *Rancang bangun*, 7(2), 55-61. Retrieved from http://ejournal.um_sorong.ac.id/index.php/rancangbangun.
- Ginting, M. H., Siregar, N. H., Suwito, F., & Tanujaya, B. (2016). Pengaruh komposisi kulit kerang darah (Anadara granosa) terhadap kerapatan, keteguhan patah komposit partikel poliester. *Jurnal seminar nasional sains dan teknologi*, 1-7. Retrieved from jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek
- Guo, xiaolu., Shi, Huiseng., Dick, W.A. (2010). Compressive strength and microstructural characteristics of class C fly ash geopolymer. *Cement and Concrete Composites*. 32(2). 142-147. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2009.11.003>
- Kamali, S. R., Hadi, S., Ismillayli, N., Hamdiani, S., & Sumarlan, I. (2018). Pembuatan Batako Berbahan Aditif Limbah Fly Ash Batu Bara di Desa Jago Kabupaten Lombok Tengah. *Prosiding PKM-CSR*, 1.
- Mahary, A. (2017, Oktober). Pemanfaatan tepung cangkang kerang darah (Anadara granosa) sebagai sumberkalsium pada pakan ikan lele (*Clariasbatrachus* sp). *Aquatic science journal*, 4(2), 63-67.
- Malik, Yulianti. (2016). Study Effect Of Curing Temperature And Time To Physical-Mechanical Properties Of Ferronickel Slag-Based Geopolymers Cement. Thesis. Institut Teknologi Sepuluh November.
- Nurchasanah, Y. (2013). Characteristic of 'Tulakan' Soil as Natural Pozzolan to Substitute Portland Cement as Construction Material. *Procedia Engineering*, 54, 764-773. doi:doi:10.1016/j.proeng.2013.03.070.
- Rijal, K., & Sukandi. (2018). Analisis pengaruh pemanfaatan abu terbang dan abusekam padi terhadap kuat tekanbeton ringan. *Jurnal SangkareangMataram*, 4(4), 23-26.
- Pangestuti, E. K. (2011). Penambahan limbah abu batu bara pada batako ditinjauterhadap kuat tekan dan serapan air. *Jurnal Teknik Sipil & Perencanaan*, 2(13), 161-168.
- Setiawati, M., & Imaduddin, M. (2018). Fly Ash sebagai bahan pengganti semen pada beton. 5(4), 295-302.
- Siagian, H., & Dermawan, A. (2011). Pengujian sifat mekanik batako yang dicampur abu terbang (fly ash). *Jurnal Sains Indonesia*, 35(1), 23-28.
- SNI. (1989). Bata beton untuk pasangan dinding. Jakarta: Departemen pekerjaan umum.
- Suhanda dan Hartono, 2009. Penelitian pemanfaatan abu batu bara bukit asam dan bukit umbilin untuk bahan bangunan. Balai besar penelitian dan pengembangan industri keramik, Dep. Perindustrian dan perdagangan artikel. http://www.depperin.go.id/data/industry/abstech/abs_1014.htm. Bandung.
- Vilpa, A. (2021). Pengaruh penggunaan limbah cangkang kerang sebagai pengganti agregat halus terhadap kuat tekan dan daya serap air pada batako. Tugas akhir.
- Wijaya, R.W., Wijayanti, S., Astuti, Y. 2021. Fly ash limbah pembakaran batu barasebagai zat mineral tambahan (additive) untuk perbaikan kualitasdan kuat tekan semen. *Mediakomunikasi teknik sipil*. 27(1). 127134.
- Yulian, Y. (2010). Pembuatan dan karakterisasi batako ringan dengan memanfaatkan batu apung (pumice) sebagai agregat untuk bahan kedap suara. Skripsi. Universitas Sumatera Utara.