

## Pengaruh Kalsium Oksida (CaO) Abu Cangkang Kemiri dengan Penambahan Silika (SiO<sub>2</sub>) sebagai Substitusi Semen terhadap Kuat Tekan Batako Berlubang

Yulia Riska Dwi Sinta<sup>1</sup>, Luqman Cahyono<sup>1\*</sup>, Denny Dermawan<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Program Studi D4 Teknik Pengolahan Limbah, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya 60111

E-mail : [luqmancahyono24@ppns.ac.id](mailto:luqmancahyono24@ppns.ac.id)

### Abstrak

Abu cangkang kemiri merupakan limbah dari sisa pembakaran *boiler* industri kecap dan sirup dengan jumlah 3 ton/hari dan belum dimanfaatkan sehingga dikirim ke jasa pembuangan. Silika (SiO<sub>2</sub>) merupakan bahan kimia yang dapat beraksi dengan kapur bebas dalam campuran batako berlubang. Kalsium oksida dan silika termasuk komponen utama dalam semen yang dapat mempengaruhi kekuatan semen. Metode penelitian ini yaitu eksperimen dengan tujuan menganalisis potensi kalsium oksida pada abu cangkang kemiri dengan penambah silika sebagai substitusi semen pada kuat tekan batako berlubang. Analisis yang dilakukan yaitu pengujian sifat fisik material yaitu berat jenis pasir lumajang dan abu cangkang kemiri dan pengujian kuat tekan batako berlubang dengan 6 (enam) variasi batako yaitu 100 % semen, 0% silika : 5% abu, 5% silika : 0% abu, 5% silika : 10% abu, 5% silika : 15% abu, dan 5% silika : 20%. Pembuatan batako berukuran 30 cm × 15 cm × 10 cm dengan perbandingan pasir dan semen yaitu 5 : 1, FAS (0,5). Hasil kuat tekan batako pada masing – masing variasi batako umur 28 hari yaitu 34,20 kg/cm<sup>2</sup>; 41 kg/cm<sup>2</sup>; 41 kg/cm<sup>2</sup>; 17,42 kg/cm<sup>2</sup>; 26,13 kg/cm<sup>2</sup>; 17,63 kg/cm<sup>2</sup>. Kuat tekan optimum pada substitusi 5% silika : 15% abu cangkang kemiri dengan kuat tekan 26,13 kg/cm<sup>2</sup>.

Keywords: Abu Cangkang Kemiri, Batako Berlubang, Kuat Tekan, Silika, Substitusi.

### 1. PENDAHULUAN

Industri kecap dan sirup merupakan salah satu industri makanan dan minuman. Industri tersebut mengolah bahan baku menjadi produk yang dapat digunakan dalam bentuk kecap dan sirup. Proses produksi dimulai dari penyiapan bahan baku, pemasakan, hingga *filling* yang dikemas sesuai kebutuhan pasar. Saat memasak bahan bakunya, kulit kemiri digunakan sebagai bahan bakar *boiler*, namun proses pembakarannya menghasilkan residu berupa abu. Pembakaran *boiler* mampu menghasilkan ± 3 ton abu cangkang kemiri per hari sedangkan proses produksi berjalan setiap hari. Limbah tersebut belum dimanfaatkan melainkan disalurkan ke pihak ke-2 untuk jasa pembuangan limbah abu cangkang kemiri. Pembuangan limbah melalui jasa pembuangan memerlukan biaya sebesar Rp.350,- per kilonya, sehingga perhari pihak industri harus membayar sekitar Rp1.050.000,-.

Cangkang kemiri memiliki senyawa penyusun berupa CaO, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>O, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Abdul dkk., 2020). Berdasarkan pengujian komposisi kimia yang dilakukan (Jannat dkk., 2021), abu cangkang kemiri memiliki kandungan CaO 50,48%, SiO<sub>2</sub> 4,89%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0,77%, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 1,89%, MgO 1,67%, K<sub>2</sub>O 27,73%, Na<sub>2</sub>O 2,89%, SO<sub>3</sub> 3,20%. Senyawa yang terkandung dalam abu cangkang kemiri sama dengan komponen utama yang digunakan dalam pembuatan semen yaitu kapur (CaO), silika (SiO<sub>2</sub>), alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) dan besi oksida (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Kandungan SiO<sub>2</sub> dan CaO dapat mempengaruhi kekuatan semen, sedangkan (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) dan (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) dapat menurunkan suhu peleburan pada proses pembentukan klinker (Pasae., 2020). Penelitian (Purnawan dan Prabowo, 2017) melakukan pengujian XRF terhadap semen dan hasilnya menunjukkan senyawa oksida yang terkandung di dalamnya yaitu CaO sebanyak 58,97%, SiO<sub>2</sub> 18,32%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 4,77%, dan Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 3,13%. Senyawa CaO dan SiO<sub>2</sub> sangat mempengaruhi kekuatan semen, sehingga dalam penggunaan abu cangkang kemiri sebagai substitusi semen perlu ditambahkan bahan tambahan berupa silika.

Silika (SiO<sub>2</sub>) merupakan bahan kimia yang dapat meningkatkan mutu beton akibat reaksi yang terjadi antara silika dan kapur bebas yang ada di dalam campuran beton. Umumnya silika (SiO<sub>2</sub>) yang dicampurkan pada beton merupakan bahan *additive* buatan pabrik seperti silika *fume* atau hasil dari pembakaran batubara seperti *fly ash*. Agregat halus memiliki kandungan senyawa SiO<sub>2</sub> yang dapat mempengaruhi reaksi kimia dalam proses

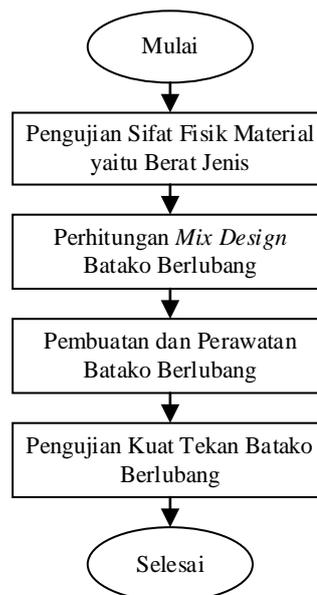
pengerasan beton sehingga didapat kuat tekan beton yang tinggi (Nadia, 2011). Kalsium oksida pada limbah abu cangkang kemiri dapat meningkatkan unsur kalsium yang diperlukan dalam reaksi *pozzolanic* bila tercampur dengan  $\text{SiO}_2$ . Reaksi *pozzolanic* terjadi ketika  $\text{CaO}$  dan  $\text{SiO}_2$  pada abu cangkang kemiri bereaksi dengan air dan reaksi tersebut dapat menyebabkan pengerasan dan kaku. Reaksi tersebut hampir sama dengan reaksi hidrasi pada semen (Aprida dkk., 2018).

Penelitian (Baran dkk., 2020) menggunakan abu cangkang kemiri sebagai bahan substitusi semen dalam pembuatan mortar prismatic ukuran 40x40x160 untuk pengujian. Variasi yang digunakan yaitu 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, dan 30% dan dihasilkan kuat tekan optimum sekitar 40 – 45 MPa pada umur mortar 7 dan 28 hari. Selain itu, (Ozocak dan Sisman., 2020) juga melakukan pemanfaatan abu cangkang kemiri sebagai substitusi semen pada pembuatan beton K-300 dengan variasi 5%, 10%, 15%, 20%. Kuat tekan optimum yang dihasilkan sekitar 25 – 30 MPa pada umur 28 hari.

Berdasarkan paparan tersebut maka perlu dilakukan penelitian penggunaan limbah abu cangkang kemiri dengan bahan tambahan silika sebagai substitusi semen untuk menganalisis pengaruh pada kuat tekan batako berlubang. Harapan penelitian ini sebagai alternatif pengurangan timbulan abu cangkang kemiri dengan memanfaatkan limbah sebagai bahan pengganti semen dalam pembuatan batako.

## 2. METODOLOGI

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu pengujian sifat fisik material pasir lumajang dan abu cangkang kemiri, pembuatan batako, dan pengujian kuat tekan batako. Abu cangkang kemiri yang digunakan pada penelitian ini berasal dari industri kecap dan sirup. Metode penelitian tertera pada diagram alir Gambar 1 berikut ini.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

### 2.1. Pengujian Sifat Fisik Material

Pengujian sifat fisik material dilakukan pada pasir lumajang dan abu cangkang kemiri. Sifat fisik yang diuji yaitu berat jenis. Berat jenis pasir dilakukan pengujian sesuai dengan ASTM C – 128 – 93, sedangkan berat jenis abu cangkang kemiri mengacu pada peraturan SNI 03-2531-1991 sesuai dengan metode pengujian berat jenis semen Portland. Berat jenis material digunakan untuk menghitung kebutuhan *mix design* batako berlubang. Kebutuhan *mix design* dihitung dari berat jenis dan volume bahan yang digunakan.

### 2.2. Mix Design Batako Berlubang

Batako berlubang dibuat dengan campuran beberapa material sesuai proporsi masing – masing material agar mendapatkan mutu optimum sesuai yang direncanakan. Proporsi campuran yang digunakan tertera pada Tabel 1 berikut ini.

**Tabel 1.** *Mix design* batako berlubang

No	Kode Benda Uji	Pasir	Semen	Abu cangkang kemiri (ACK)	Silika	Air (FAS)
1	V0 (kontrol)	5/1 semen	100%	0%	0%	0,5
2	V1	5/1 semen	95%	5%	0%	0,5
3	V2	5/1 semen	95%	0%	5%	0,5
4	V3	5/1 semen	85%	10%	5%	0,5
5	V4	5/1 semen	80%	15%	5%	0,5
6	V5	5/1 semen	75%	20%	5%	0,5

### 2.3. Pembuatan dan Perawatan Batako Berlubang

Pembuatan batako dilakukan dengan mencampurkan seluruh bahan yaitu pasir lumajang, semen, abu cangkang kemiri, silika, dan air sesuai *mix design*. Setelah melakukan pencampuran bahan dilakukan pencetakan batako berlubang dengan cetakan berukuran 30 cm x 15 cm x 10 cm. Langkah selanjutnya yaitu melakukan perawatan (*curing*) pada batako berlubang. Perawatan (*curing*) dilakukan dengan menutup batako berlubang menggunakan kain basah dan dilakukan selama 28 hari.

### 2.4. Pengujian Kuat Tekan Batako Berlubang

Pengujian kuat tekan batako berlubang dilakukan setelah proses perawatan (*curing*) selama 28 hari. Pengujian kuat tekan mengacu pada SNI 03-0349-1989. Proses pengujian tekan menggunakan mesin tekan dengan posisi benda uji disesuaikan dengan arah tekan beban.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Analisis Sifat Fisik Material

Pengujian sifat fisik bertujuan untuk mengetahui berat jenis dari material yang digunakan yaitu pasir lumajang dan abu cangkang kemiri. Pengujian sifat fisik bertujuan untuk mengetahui nilai berat jenis material untuk menghitung jumlah kebutuhan material yang digunakan dan kesesuaian dengan nilai yang telah ditetapkan pada peraturan. Selain itu, pengujian ini juga dilakukan untuk mengetahui kesamaan berat jenis antara abu cangkang kemiri dan semen, hal ini dikarenakan abu cangkang kemiri digunakan sebagai bahan pengganti (*substitusi*) sehingga harus memiliki kesamaan atau kemiripan dengan bahan aslinya. Berat jenis material tertera pada Tabel 2 berikut ini.

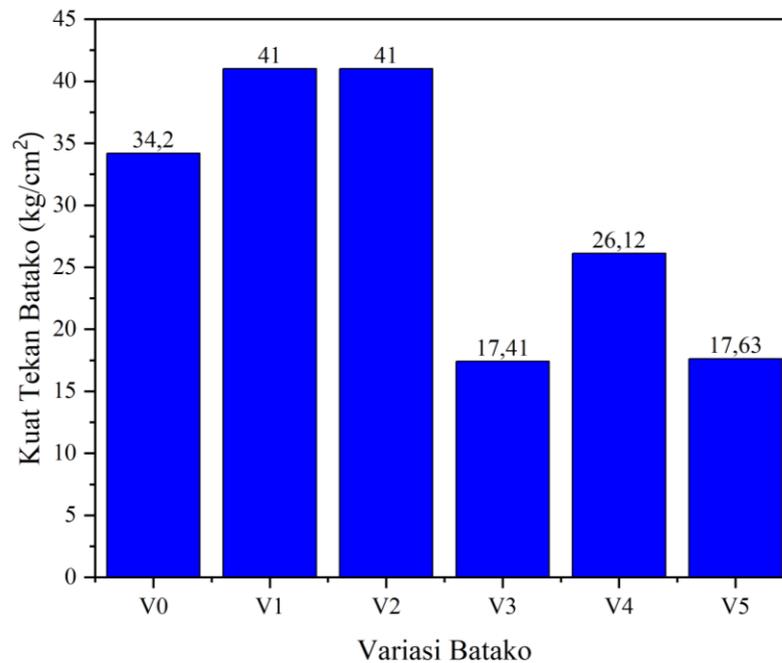
**Tabel 2.** Berat jenis material

No	Jenis Material	Berat Jenis	Metode
1	Pasir lumajang	2,70 g/cm <sup>3</sup>	ASTM C – 128 – 93
2	Abu cangkang kemiri	2,74 g/cm <sup>3</sup>	SNI 03-2531-1991

Pengujian berat jenis pasir dilakukan dalam keadaan kering permukaan atau *Saturated Surface Dry* (SSD) sesuai dengan ASTM C-128-93. Berdasarkan Tabel 2. menunjukkan bahwa pasir lumajang memiliki berat jenis 2,70 g/cm<sup>3</sup>. Hasil pengujian berat jenis tersebut sesuai dengan ASTM C-128-93 dimana berat jenis agregat halus (pasir) berkisar antara 2,4 – 2,9 g/cm<sup>3</sup>. Selain itu, hasil pengujian juga menunjukkan berat jenis abu cangkang kemiri yaitu 2,74 g/cm<sup>3</sup>. Abu cangkang kemiri harus memiliki kemiripan berat jenis dengan semen dan pada penelitian ini menggunakan jenis semen portlan komposit. Semen Portland komposit merupakan hasil pencampuran dari bubuk semen Portland dengan bahan anorganik lain seperti *blast furnace slag*, *pozzolan*, senyawa silikat, batu kapur, dengan total bahan anorganik 6% sampai dengan 35% dari massa semen Portland (SNI 15-7064-2004). Semen Portland memiliki berat jenis kisaran 3,0 – 3,2 g/ml maka semen Portland komposit memiliki berat jenis kurang dari 3,0 g/ml (Goestiana dan Firdaus, 2019). Berdasarkan hal tersebut berat jenis abu cangkang kemiri memenuhi persyaratan berat jenis semen portland komposit sebagai bahan material pembuatan batako.

### 3.2. Analisis Kuat Tekan Batako Berlubang

Pengujian kuat tekan batako berlubang dilakukan setelah perawatan selama 28 hari. Hasil pengujian kuat tekan tertera pada Gambar 2 berikut ini.



**Gambar 2.** Hasil pengujian kuat tekan batako

Berdasarkan Gambar 2. hasil pengujian kuat tekan batako normal dengan 100% semen menghasilkan kuat tekan sebesar 34,20 kg/cm<sup>2</sup>. Penambahan masing – masing 5% abu cangkang kemiri dan silika (SiO<sub>2</sub>) pada variasi V1 dan V2 dapat meningkatkan kuat tekan batako normal, hal ini dikarenakan senyawa CaO pada abu cangkang kemiri dan SiO<sub>2</sub> termasuk salah satu senyawa dalam semen yang mempengaruhi kekuatan (Pasae, 2020). Pada variasi batako V3, V4, dan V5 dengan campuran bahan substitusi abu cangkang kemiri dan silika dapat menurunkan kuat tekan batako normal, di mana kuat tekan V3 sebesar 17,42 kg/cm<sup>2</sup>, V4 sebesar 26,13 kg/cm<sup>2</sup>, dan V5 sebesar 17,63 kg/cm<sup>2</sup>. Penurunan kuat tekan pada batako dapat disebabkan karena tidak seimbangnya penambahan kandungan CaO pada abu cangkang kemiri dan silika pada substitusi semen. Berdasarkan pengujian XRF (Purnawan dan Prabowo, 2017) perbandingan kadar SiO<sub>2</sub> dan CaO semen portland komposit normal yaitu sekitar 18,32% SiO<sub>2</sub> dan 58,97% CaO. Secara umum, senyawa – senyawa yang terkandung dalam semen menurut (Mahyar dkk, 2019) yaitu memiliki kapur (CaO) sekitar 60-65%, silika (SiO<sub>2</sub>) sekitar 20%-25%, dan oksida besi serta alumina (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) akibat terjadinya reduksi semen sebesar 10%-15%.

## 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa penambahan masing – masing abu cangkang kemiri dan silika dapat meningkatkan kuat tekan batako berlubang, namun penambahan campuran abu cangkang kemiri dan silika pada semen dapat menurunkan kuat tekan karena tidak seimbangnya perbandingan antara CaO dan silika (SiO<sub>2</sub>) dalam semen. Batako dengan kualitas terbaik yaitu variasi 5 dengan penambahan 5% silika dan 15% abu cangkang kemiri menghasilkan kuat tekan 26,13 kg/cm<sup>2</sup>.

## 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada seluruh pihak yang telah berkenan berkontribusi dalam menyelesaikan penelitian ini.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- Abdul, B. M. M., Cahyo, Y. S., Ridwan, A., 2020. Pengaruh Penambahan Abu Cangkang Kemiri Terhadap Kuat Tekan Beton K-300. In *Jurmateks*, 3(1), 12-22.
- Aprida, L. F., Dermawan, D., Bayuaji, R., 2018. Identifikasi Potensi Pemanfaatan Limbah Karbit dan Abu Sekam Padi sebagai Bahan Alternatif Pengganti Semen. *Conference Proceeding on Waste Treatment Technology*, 13-16.
- ASTM C- 128-93. 2003. *Standard Spesification for Spesific Gravity and Absorption of Fine Aggregate*. ASTM International. West Conshohochen. PA.
- Baran, Y., Gökçe, H. S., & Durmaz, M., 2020. Physical and mechanical properties of cement containing regional hazelnut shell ash wastes. *Journal of Cleaner Production* 259, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120965>.
- Goestiana, L., & Firdaus. 2019. Pengaruh Abu Cangkang Remis Sebagai Bahan Substitusi Semen Pada Beton. *Jurnal Tekno*, 16(1), 347-354.
- Jannat, N., Latif Al-Mufti, R., Hussien, A., Abdullah, B., & Cotgrave, A. 2021. Utilisation Of Nut Shell Wastes In Brick, Mortar And Concrete: A Review. In *Construction and Building Materials* (Vol. 293), 1-17. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.123546>
- Mahyar, H., Syahyadi, R., Miswar, K. 2018. Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi dan Abu AmpasTebu Sebagai Substitusi Semen Terhadap 115 Karakteristik Beton MutuTinggi. *Proceeding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe*, 2(1), 212-214.
- Nadia., 2011. Pengaruh Kadar Silika Pada Agregat Halus Campuran Beton Terhadap Peningkatan Kuat Tekan. *Jurnal Konstruksia*, 35-43.
- Ozocak, M., Sisman, C. B., 2020. Usability Of Hazelnut Shell Ash As Pozzolan In Concrete. *Fresenius Environmental Bulletin*, 29(12), 10366-10375.
- Pasae, L. B., 2020. *Kimia Semen : Suatu Kajian Literatur Kimia*. Yogyakarta: CV Budi Utama.
- Purnawan, I., & Prabowo, A. 2017. Pengaruh Penambahan Limestone terhadap Kuat Tekan Semen Portland Komposit. *Jurnal Rekayasa Proses*, 11(2), 89- 93.
- SNI 03-0349-1989., 1989. *Bata Beton Untuk Pasangan Dinding*. BSN.
- SNI 03-2531-1991., 1991. *Metode Pengujian Berat Jenis Semen Portland*. BSN.
- SNI 15-2049-2004., 2004. *Semen Portland*. BSN.