

# Effect of Duck Egg Shell Ash with Fly Ash as Cement Substitution in Geopolymer Concrete

(Pengaruh Abu Cangkang Telur Bebek Dengan Fly Ash Sebagai Substitusi Semen Pada Beton Geopolimer)

**Deka Larasati, Dwi Nurtanto<sup>\*)</sup>, Nanin Meyfa Utami**

*Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember, Jl. Kalimantan No.37, Jember, Indonesia  
Jln. Kalimantan 37, Jember 68121*

## ABSTRACT

The increasing production of cement as a basic material for making concrete is due to the increasing demand for concrete throughout the world. Innovative materials are needed as a substitute for cement to reduce the greenhouse effect, fly ash is pozzolanic which in fact has the potential to replace Portland cement as the main ingredient of concrete, and duck eggshell flour has good prospects to be used as an additional precursor material for geopolymer concrete. This study aims to determine further variations of the proportion of duck egg shells, the mechanical properties of the concrete produced using duck egg shell ash with fly ash. This study used an experimental method with the percentage of duck egg shell ash at 0%, 5%, 10%, and 15% of the total use of cement. Using  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  and  $\text{NaOH}$  as activator with a concentration of 14M. At the age of 7 and 28 days with room temperature treatment. This study resulted in duck egg shell ash being able to increase the compressive strength of concrete at the age of 28 days with the percentage of substitution up to 5% with a value of 59.26 MPa, in the porosity test the minimum value was at the age of 28 days at a percentage of 5% 0.403%, and the value of the modulus of elasticity. experienced an increase in value at a percentage of 5% with the result 36071.43 MPa. Duck egg shell ash with a proportion of 5% is the optimum substitution where the compressive strength, porosity and modulus of elasticity tests on geopolymer concrete have linear values.

Meningkatnya produksi semen sebagai bahan dasar pembuatan beton disebabkan oleh meningkatnya permintaan beton di seluruh dunia. Dibutuhkan material yang inovatif sebagai pengganti semen untuk mengurangi efek rumah kaca, fly ash bersifat pozzolan yang berpotensi untuk menggantikan semen portland sebagai bahan utama beton, dan tepung cangkang telur bebek memiliki prospek yang baik untuk digunakan sebagai prekursor bahan tambah untuk beton geopolimer. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui lebih lanjut variasi proporsi cangkang telur bebek, sifat mekanik beton yang dihasilkan menggunakan abu cangkang telur bebek dengan abu terbang. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan persentase abu cangkang telur itik sebesar 0%, 5%, 10%, dan 15% dari total penggunaan semen. Menggunakan  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  dan  $\text{NaOH}$  sebagai aktivator dengan konsentrasi 14M. Pada umur 7 dan 28 hari dengan perlakuan suhu ruang. Penelitian ini menghasilkan abu cangkang telur bebek mampu meningkatkan kuat tekan beton pada umur 28 hari dengan persentase substitusi hingga 5% dengan nilai 59,26 MPa, pada uji porositas nilai minimum berada pada umur 28 hari dengan persentase 5% 0,403%, dan nilai modulus elastisitas mengalami kenaikan nilai dengan persentase 5% dengan hasil 36071,43 MPa. Abu cangkang telur bebek dengan proporsi 5% merupakan substitusi optimum dimana uji kuat tekan, porositas dan modulus elastisitas pada beton geopolimer memiliki nilai linier.

**Keywords:** geopolymer concrete, fly ash, duck egg shell ash.

<sup>\*)</sup>Corresponding author:

Dwi Nurtanto

E-mail: dwinurtanto.teknik@unej.ac.id

## PENDAHULUAN

Permintaan beton semakin meningkat seiring dengan produksi semen yang merupakan bahan baku produksi beton. Gas CO<sub>2</sub> dilepaskan selama produksi semen dan dapat menyebabkan efek rumah kaca [1]. Diharapkan ada alternatif semen untuk mengurangi efek rumah kaca. Bahan alternatif alami yang setara untuk semen yang memiliki kandungan silika dan alumina yang tinggi. Bahan alam tersebut sebagian atau seluruhnya dapat menggantikan penggunaan semen pada beton dengan menggunakan teknologi geopolymer [2][3][4][5][6].

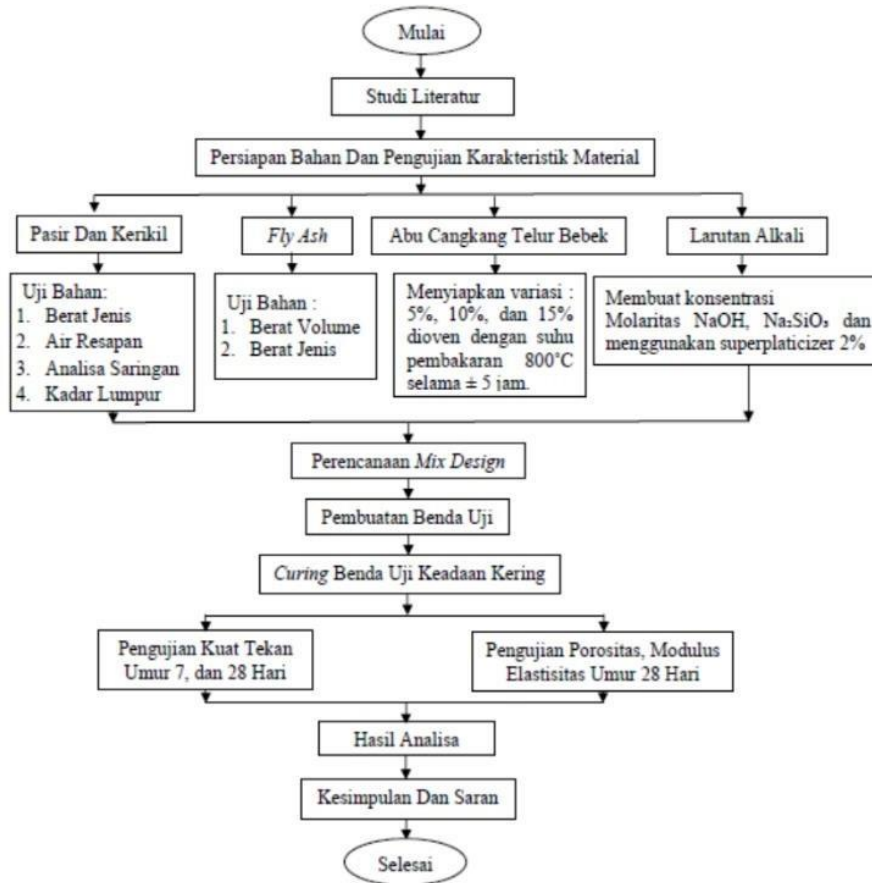
Davidovits memperkenalkan Geopolimer pertama kali ada tahun 1978. Geopolimer adalah sintesis bahan organik alami dengan proses polimerisasi, dan bahan utama dalam produksi bahan geopolimer adalah bahan yang mengandung unsur silika. Salah satunya adalah fly ash [7]. Fly ash merupakan pozzolan yang sebenarnya dapat menggantikan semen portland sebagai komponen utama beton dan dapat memberikan dampak positif terhadap struktur dan lingkungan beton [8]. Sebuah penelitian bahwa cangkang bebek mengandung 32,57% silikon dioksida (SiO<sub>2</sub>), 30,33% kapur (CaO), dan 37,10% magnesium (MgO) [9]. Hal ini menunjukkan bahwa tepung cangkang telur bebek berpeluang digunakan sebagai bahan awal sebagai bahan tambahan dalam pembuatan beton geopolymer [10][11][12]. Abu cangkang bebek

digunakan sebagai silikon oksida dan diharapkan dapat membentuk ikatan polimer dengan penambahan bahan kimia natrium silikat dan natrium hidroksida. Tepung cangkang telur bebek ini cukup menjanjikan untuk digunakan sebagai produk cadangan sebagai bahan tambahan dalam pembuatan beton geopolymer [13][14][15]. Berdasarkan permasalahan tersebut maka dilakukan penelitian beton geopolimer yang berjudul Pengaruh Abu Cangkang Telur Bebek Menggunakan Fly Ash Sebagai Alternatif Semen untuk Beton Geopolimer. Yang bertujuan untuk menemukan lebih banyak variasi dalam proporsi kulit telur bebek, sifat mekanik beton yang dihasilkan menggunakan abu cangkang telur bebek dengan fly ash. Pada penelitian ini menggunakan persentase abu cangkang telur bebek sebesar 0%, 5%, 10%, dan 15%. Menggunakan Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> dan NaOH sebagai aktivator dengan konsentrasi 14M pada umur 7 dan 28 hari dengan perawatan suhu ruangan.

## METODE PENELITIAN

### Diagram Alir

Penelitian ini menggunakan tiga variabel, terdiri dari variabel bebas, variabel terikat, dan variabel terkontrol. Metodologi penelitian pada tugas akhir diuraikan dalam diagram alir, dilihat pada Gambar 1 berikut:



Gambar 1. Diagram Alir

**Variabel bebas** adalah variabel yang menyebabkan atau mempengaruhi. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah fly ash sebagai substitusi semen dan abu cangkang telur bebek dengan komposisi sebesar 0,%, 5%, 10% dan 15%.

**Variabel terikat** adalah faktor faktor yang diamati selama penelitian dan diukur dalam rangka menentukan pengaruh adanya variabel bebas. Berikut merupakan variabel terikat dalam penelitian ini :

- a. Kuat tekan
- b. Uji Porositas
- c. Uji Modulus Elastisitas

**Variabel terkontrol** Variabel dipertahankan (dikontrol) atau yang biasa disebut variabel terkontrol. Pada penelitian ini ditetapkan variabel terkontrol sebagai berikut :

- a. Umur benda uji
- b. Proses curing
- c. Molaritas alkali aktivator

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Pengujian material

Hasil pengujian yang terdiri dari pengujian agregat halus, agregat kasar, dan fly ash. Pengujian yang dilakukan yaitu pengujian berat jenis, air resapan, analisa saringan, dan kadar lumpur pada agregat kasar dan halus, pengujian berat jenis dan berat volume pada fly ash. Dari hasil pengujian material penyusun beton telah memenuhi standart sesuai acuan pengujian yang digunakan.

Tabel 1. Pengujian Material

No.	Pengujian Material	Ketentuan	Hasil	Keterangan
1	Agregat Halus			
	Berat Jenis	SK-SNI S-04-1980-F 2,5-2,7 gr/cm <sup>3</sup>	2,7 gr/cm <sup>3</sup>	Memenuhi
	Air Resapan	ASTM C 128 1 - 4%,	1,01%	Memenuhi
	Analisa Saringan	SK SNI S-04-1989-F 1,5% - 3.8%.	3,49% (Zona 2)	Memenuhi
2	Kadar Lumpur	SNI 03-4142-1996 < 5%	1,08%	Memenuhi
	Agregat Kasar			
	Berat Jenis	SNI 1996:2016 minimum 2,1 gr	2,76 gr/cm <sup>3</sup>	Memenuhi
	Air Resapan	SNI 1969:2016 2,5%.	1,98%.	Memenuhi
3	Analisa Saringan	SNI 1968-1990 6 %-7,10 %.	6,60% (Gradasi maximum 20 mm)	Memenuhi
	Kadar Lumpur	ASTM C-33 < 1 %	0,12%	Memenuhi
	Fly Ash			
	Berat Jenis	SNI 2049-2015 3 - 3,15	3,065	Memenuhi
	Berat Volume		Tanpa rojokan 1264,997 kg/m <sup>3</sup> , dengan rojokan 1373,163 kg/m <sup>3</sup>	

Sumber : Pengolahan Data, 2021

Tabel 2. Hasil Uji *Slump*

No	Nama Benda Uji	Waktu (Detik)	<i>Slump</i> Max (cm)
1	Cangkang Telur Bebek 0%	16	58
2	Cangkang Telur Bebek 5%	15	60
3	Cangkang Telur Bebek 10%	14	62
4	Cangkang Telur Bebek 15%	14	64

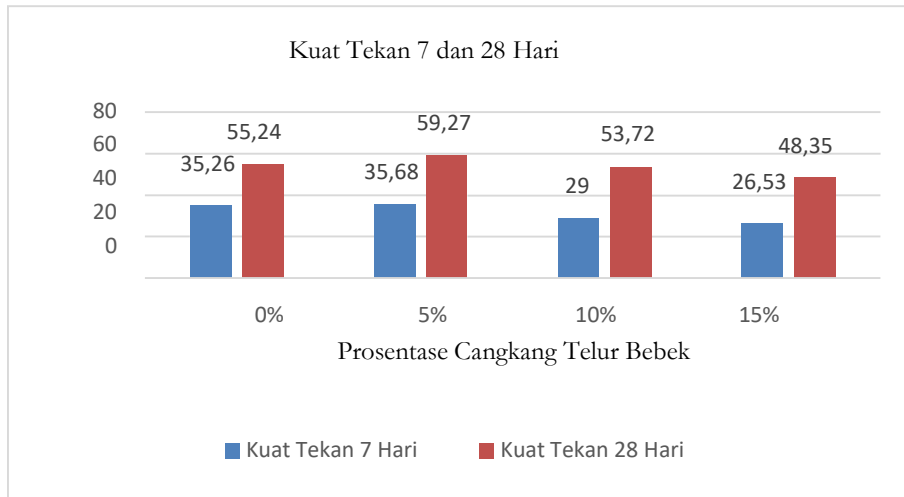
Sumber: Pengolahan Data, 2021

Tabel 2. dapat diketahui penggunaan abu cangkang telur bebek berpengaruh pada adonan beton geopolimer fly ash dan abu cangkang telur bebek. Dilihat pada campuran beton geopolimer dengan abu cangkang 0%, 5%, 10%, 15% mengalami sedikit percepatan waktu mengalir tiap variasinya. waktu paling singkat terjadi pada adonan dengan cangkang 15% sebesar 14 detik, sedangkan waktu paling lama terjadi pada adonan beton geopolimer dengan cangkang 0% sebesar 16 detik. Dengan itu tingkat

viskositas beton berkurang seiring bertambahnya proporsi abu cangkang telur bebek.

### Hasil Pengujian Kuat Tekan

Gambar 2. Terjadi peningkatan serta penurunan kuat tekannya disesuaikan dengan bertambahnya variasi abu cangkang telur bebek. Pada grafik dapat diketahui bahwa kuat tekan paling maksimal didapat pada variasi 5% abu cangkang telur bebek baik pada umur 7 dan 28 hari. Pada variasi lebih dari 5% mengalami penurunan kuat tekan.



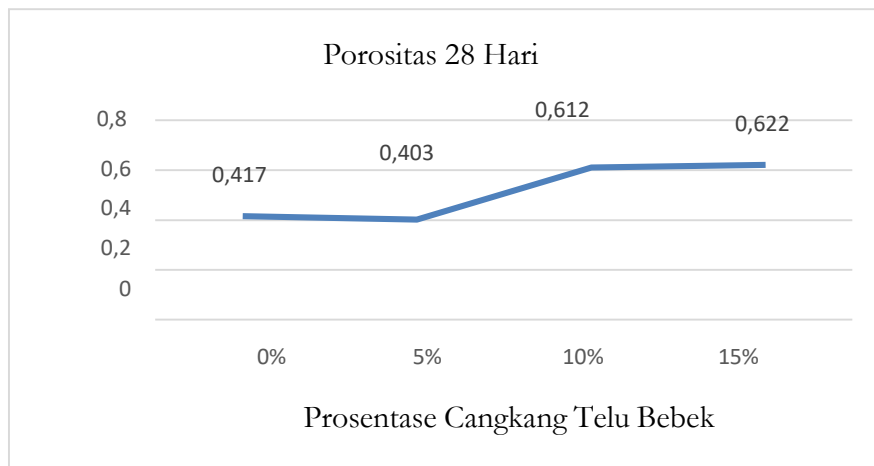
Gambar 2. Hasil Kuat Tekan Beton

Sumber: Pengolahan Data, 2021

### Hasil Pengujian Porositas

Gambar 3. Pada grafik diatas diketahui bahwa nilai porositas paling maksimal didapat pada variasi 15% dengan nilai 0,622% dan nilai porositas minimum didapat pada variasi 5% dengan nilai 0,403%. Pada kuat tekan variasi 5% merupakan kuat tekan paling tinggi

dimana pada nilai porositasnya paling rendah, Pengujian kuat tekan dan porositas pada beton geopolimer memiliki nilai yang linier terhadap variasi menggunakan abu cangkang telur bebek dengan fly ash sebagai substitusi semen pada beton geopolimer.



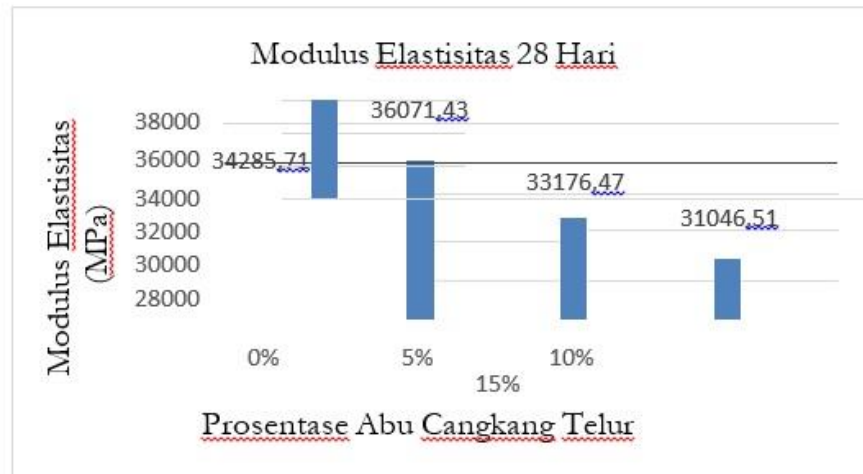
Gambar 3. Porositas

(Sumber : Pengolahan Data, 2021)

### Hasil Pengujian Modulus Elastisitas

Gambar 4. Pada grafik diatas dapat diketahui bahwa nilai modulus elastisitas paling maksimal didapat pada variasi 5% dengan nilai 36071,43 MPa

dan nilai modulus elastisitas minimum didapat pada variasi 15% dengan nilai 31046,51 MPa. Pengujian kuat tekan, porositas dan modulus elastisitas pada beton geopolimer memiliki nilai yang linier.



Gambar 4. Modulus Elastisitas  
(Sumber : Pengolahan Data, 2021)

## KESIMPULAN

Abu cangkang telur bebek dapat menaikkan kuat tekan beton pada umur 28 hari dengan prosentase hingga 5% dengan nilai 59,26 MPa. Semakin kecil nilai porositas semakin kecil pula pori-pori pada beton geopolimer, nilai porositas 5% nilai yang paling minimum dengan hasil 0,403%. Nilai modulus elastisitas yang dihasilkan dari substitusi abu cangkang telur bebek mengalami kenaikan nilai pada prosentase 5% dengan hasil 36071,43MPa. Abu cangkang telur bebek dengan proporsi 5% merupakan substitusi yang optimum dengan memiliki nilai porositas paling minimum, nilai modulus elastisitas dan nilai kuat tekan yang paling tinggi. Dimana pengujian ini memiliki nilai yang linier terhadap variasi menggunakan abu cangkang telur bebek dengan fly ash sebagai substitusi semen pada beton geopolimer.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. M. R. Fairbairn, B. B. Americano, G. C. Cordeiro, T. P. Paula, R. D. Toledo Filho, and M. M. Silvano, "Cement replacement by sugar cane bagasse ash: CO2 emissions reduction and potential for carbon credits," *J. Environ. Manage.*, vol. 91, no. 9, pp. 1864–1871, 2010.
- [2] M. E. Gülşan, R. Alzebaree, A. A. Rasheed, A. Niş, and A. E. Kurtoglu, "Development of fly ash/slag based self-compacting geopolimer concrete using nano-silica and steel fiber," *Constr. Build. Mater.*, vol. 211, pp. 271–283, 2019.
- [3] A. Nugroho, "Pengaruh Penggunaan Abu Sekam Padi terhadap Sifat Mekanik Beton Busa Ringan," *J. Tek. Sipil*, vol. 24, no. 2, pp. 139–144, 2017.
- [4] D. Wang, X. Zhou, Y. Meng, and Z. Chen, "Durability of concrete containing fly ash and silica fume against combined freezing-thawing and sulfate attack," *Constr. Build. Mater.*, vol. 147, pp. 398–406, 2017.
- [5] E. Arifi, "Pemanfaatan Fly Ash sebagai Pengganti Semen Parsial untuk Meningkatkan Performa Beton Agregat Daur Ulang," *Rekayasa Sipil*, vol. 9, no. 3, pp. 229–235, 2015.
- [6] F. E. Yulianto and M. H. Mukti, "Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi pada Kuat Tekan Beton Campuran 1 pc : 2 ps : 3 kr," *Saintek*, vol. 12, no. 2, 2015.
- [7] R. Manuahe, M. D. J. Sumajouw, and R. S. Windah, "Kuat Tekan Beton Geopolimer Berbahan Dasar Abu Terbang (Fly Ash)," *J. Sipil Statik*, vol. 2, no. 6, pp. 277–282, 2014.
- [8] A. Nugroho, A. Rahman Saleh, J. Rawamangun Muka, and J. Timur Surel, "Utilization of Baggase Ash on Lightweight Foamed Concrete," *J. Permukiman*, vol. 12, no. 1, pp. 20–24, 2017.
- [9] T. P. Utami, S. T. Rahayu, and U. E. Unggul, "Kadar Magnesium dan Rasio Mg / Ca Dalam Cangkang Telur Ayam, Telur Bebek Dan Kerang" *J. Insa. Farm. Indones.*, vol. 1, no. 2, pp. 178–183, 2018.
- [10] K. Anastasia, P. Prihantono, and A. Anisah, "Peningkatan Kuat Tekan Beton Geopolimer Dengan Menggunakan Variasi Abu Cangkang Telur Bebek Melalui Proses Pengovenan," *Menara J. Tek. Sipil*, vol. 15, no. 1, pp. 23–29, 2020.

- [11] Siti Fitriani, Wiki Muhamad Fathul M, and Ida Farida, “Pergunaan Limbah Cangkang Telur, Abu Sekam, dan Copper Slag Sebagai Material Tambahan Pengganti Semen,” *J. Konstr.*, vol. 15, no. 1, pp. 46–56, 2017.
- [12] M. Syahwati and A. S. Wahyuni, “Pengaruh Variasi Persentase Bubuk Cangkang Telur (BCT) Sebagai Bahan Penambah Semen Terhadap Kuat Tekan Dan Absorpsi Mortar” *INERSIA*, vol. 11, no. 1, 2019.
- [13] K. E. Hasner, S. Musalamah, and P. Prihantono, “Variasi Campuran Alkali Aktivator Pada Kuat Tekan Beton Geopolimer Dengan Menggunakan Abu Cangkang Telur Bebek Pada Proses Pengovenan,” *Menara J. Tek. Sipil*, vol. 14, no. 1, 2019.
- [14] R. B. U. Yonas Prima Arga Rumbyarso, “Analisis Pengaruh Pergunaan Cangkang Telur Bebek Ras Petelur Sebagai Filler Pada Campuran Aspal Beton,” *TEKNOLOGIKA*, vol. 11, no. 2, pp. 1–10, 2021.
- [15] M. Mahdi and S. Hadi, “Kekuatan Lentur Papan Komposit Hasil Kombinasi Perentase Ijuk dan Cangkang Telur Ayam,” *J. Energi dan Teknol. Manufaktur*, vol. 2, no. 02, pp. 7–10, 2019.