

# PENINGKATAN KUAT TEKAN BETON GEOPOLIMER DENGAN MENGGUNAKAN VARIASI ABU CANGKANG TELUR BEBEK MELALUI PROSES PENGOVENAN

Kinanti Anastasia<sup>1</sup>, Prihantono<sup>2</sup>, dan Anisah<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Pendidikan Teknik Bangunan, FT, UNJ

Email: [prihantono@unj.ac.id](mailto:prihantono@unj.ac.id)

## ABSTRAK

*Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui peningkatan nilai kuat tekan beton geopolimer menggunakan abu telur bebek dengan campuran natrium silikat dan natrium hidroksida pada variasi 0%, 80%, 90% dan 100% pada 7 hari dengan benda uji mengalami pemanasan dan mengontrol suhu ruangan beton. Abu cangkang telur bebek yang digunakan adalah limbah yang dibakar dengan suhu mencapai 800 ° C selama ± 6 jam menggunakan oven pembakaran keramik. Penelitian ini menggunakan benda uji berbentuk silinder dengan diameter 10 cm dan tinggi 20 cm dengan kualitas rencana  $f_c'$  20 MPa. Pengujian kuat tekan beton geopolimer menggunakan alat *Crushing Test Machine*. Dalam hal ini kuat tekan beton geopolimer yang dihasilkan benda uji beton pada variasi 0%; 80%; 90%; dan 100%, yaitu 0 MPa; 6,32 MPa; 8,57 MPa; dan 14,01MPa, sedangkan benda uji beton tekan No Kekuatan diterapkan pada variasi 0%; 80%; 90%; dan 100%, yaitu 7,64 MPa; 4,84MPa; 5,77MPa; dan 6,19MPa. Terlihat bahwa nilai kuat tekan rata-rata maksimum terdapat pada variasi 100% dengan benda uji yang diuji terlebih dahulu pada suhu 83°C.*

**Kata kunci:** natrium hidroksida, natrium silikat, abu cangkang telur bebek, kekuatan tekan, pemanasan

## ABSTRACT

*The objective of this research is to know the increase of compressive strength value of geopolimer concrete using duck egg duck ash with mixture of sodium silicate and sodium hydroxide at variation 0%, 80%, 90% and 100% at 7 days with heating specimen and control concrete room temperature. Ash duck egg shellused is burnt waste with temperatures reaching 800 ° C for ± 6 hours using ceramic burning oven. This study uses cylindrical test object with diameter 10 cm and height 20 cm with the quality of plan is  $f_c'$  20 MPa. Testing of compressive strength of geopolimer concrete using *Crushing Test Machine* tool. In this purpose, the compressive strength of the geopolimer concrete produced by the concrete test object on variations 0%; 80%; 90%; and 100% ie 0 MPa; 6,32 MPa; 8,57 MPa; and 14,01MPa, while the concrete test object No concrete compressive strength was applied on variations of 0%; 80%; 90%; and 100% ie 7,64 MPa; 4,84MPa; 5,77MPa; and 6,19MPa. It can be seen that the maximum average compressive strength value is present in the 100% variation with the tested object being tested at 83°C first.*

**Keywords:** natrium hydroxide, natrium silicate, duck eggshells ash, compressive strength, heating

## PENDAHULUAN

Geopolimer diperkenalkan oleh Joseph Davidovits sekitar tahun 1970. Objek pertama kali yang diteliti adalah struktur mineral dari piramida. Berdasarkan penelitian Davidovits (1994), piramida dibangun dengan metode reaglomerasi batuan. Atau dengan kata lain, piramid dibangun dengan cara seperti cara modern, yaitu menggunakan semacam "Semen" zaman dahulu. Penelitian selanjutnya, Davidovits menemukan bahwa "Semen" tersebut dapat dibuat dengan mencampur metakaolin dan larutan alkali, misalnya NaOH, KOH, dll. Material baru tersebut dinamakan geopolimer. Dibandingkan semen *portland* biasa, geopolimer memiliki keunggulan, yaitu lebih ramah lingkungan dan hemat energi (Putra, Wallah, & Dapas, 2014).

Proses produksi semen menghasilkan emisi gas karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dalam jumlah yang banyak sehingga sangat memengaruhi kondisi lapisan atmosfer dan mempercepat terjadinya pemanasan global. Produksi semen juga menimbulkan dampak terbesarnya abu semen ke udara bebas (Khalizah, Apriani, & Afiuddin, 2019). Studi kesehatan lingkungan menyebutkan, bahwa abu semen dari hasil proses produksi semen merupakan debu yang sangat berbahaya bagi kesehatan, karena dapat mengakibatkan penyakit infeksi saluran pernafasan (Nugraha, 2007).

Dalam pembuatan beton geopolimer dapat memanfaatkan limbah hasil industri, konstruksi, pertanian maupun limbah rumah tangga yang di biarkan begitu saja. Limbah tersebut digunakan sebagai bahan campuran beton ternyata mampu meningkatkan daya kuat tekan. Limbah rumah tangga dan limbah industri yang bisa digunakan dalam pembuatan beton geopolimer ini salah satunya adalah cangkang telur. Di Indonesia produksi telur akan terus bertambah seiring dengan kebutuhan telur sebagai bahan pangan baik di kalangan rumah tangga

maupun di kalangan industri makanan (Hasner, Musalamah, & Prihantono, 2019). Cangkang telur sering dibuang begitu saja tanpa pengolahan terlebih dahulu.

Abu cangkang telur sendiri tidak memiliki kemampuan mengikat seperti halnya semen. Ukuran partikelnya yang halus, kandungan dalam abu cangkang telur akan bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida yang terbentuk dari proses hidrasi semen dan menghasilkan zat yang memiliki kemampuan mengikat. Abu cangkang telur bebek akan digunakan sebagai oksida silika yang diharapkan dapat membentuk sebuah ikatan polimer dengan menambahkan bahan kimia sodium silikat dan natrium hidroksida. Oleh karena itu, diperlukan komposisi aktivator yang tepat sehingga bisa membentuk pasta untuk mengikat agregat. Aktivator yang umumnya digunakan adalah campuran sodium silikat (Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>) dan natrium hidroksida (NaOH) dengan perbandingan antara 70 % : 30 % dari berat semen. Karena semakin tinggi perbandingan massa larutan sodium silikat (Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>) dan sodium hidroksida (NaOH) maka semakin tinggi pula kuat tekan yang dihasilkan (Syaputra, Nugroho, Lie, & Purwanto, 2018).

Beton geopolimer pada umur 7 hari dengan *Curing Temperature* pada suhu 60°C pada variasi *Curing Time* selama 4 jam, 8 jam, 12 jam dan 24 jam nilai kuat tekan optimum pada waktu 24 jam dengan nilai  $f_c'$  27,462 MPa. Dengan adanya perlakuan *Curing Temperature* nilai kuat tekan beton yang dihasilkan semakin meningkat (Sumajouw, Windah, & Manuahe, 2014). Tahapan yang paling penting dalam proses pembuatan beton geopolimer, yaitu perawatan (*curing*) agar kualitas beton yang direncanakan terpenuhi. Pada pembuatan beton biasa perawatannya dilakukan hanya melaukan perendaman atau memberikan air untuk proses hidrasi. Sedangkan perawatan beton geopolimer dengan pemanasan menggunakan oven. Perawatan beton geopolimer yang hanya didiamkan pada

## Peningkatan Kuat Tekan... (Kinanti/ hal. 23-29)

suhu ruangan akan mengalami penurunan pada waktu pengikatan (Kirschner & Hharmuth, 2014).

Diharapkan pada penelitian ini akan mendapatkan hasil yang baik, dan kuat tekan mencapai mutu rencana  $f_c'$  20 MPa dari hasil pengovenan benda uji beton. Penelitian ini bertujuan untuk menemukan formula pada beton geopolimer dari variasi perbandingan alkali aktivator, mengkaji pengaruh penggunaan abu cangkang telur bebek, dan mengkaji kuat tekan beton terhadap perlakuan beton.

### METODE

Tujuan dari pelaksanaan penelitian ini adalah untuk mengetahui peningkatan kuat tekan beton yang dihasilkan menggunakan abu cangkang telur bebek dengan campuran sodium silikat dan natrium hidroksida pada variasi 0%, 80%, 90% dan 100% pada umur 7 hari dengan mengoven benda uji dan beton kontrol hanya didiamkan pada suhu ruangan.

Metode penelitian yang akan digunakan adalah metode eksperimen, dengan benda uji berbentuk silinder dengan diameter 10 cm dan tinggi 20 cm yang dibuat dengan membuat beton geopolimer yang terdiri dari campuran abu cangkangtelur bebek dengan variasi campuran 0%, 80%, 90%, 100% sebagai pengganti semen, natrium hidroksida (NaOH), dan sodium silikat ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) pada umur 7 hari.

Sampel yang akan di uji kuat tekannya dalam penelitian ini berjumlah 24 buah yang merupakan keseluruhan dalam sampel, yang terdiri dari 12 buah benda uji dengan proses pengovenan dan 12 buah benda uji tidak dioven pada masing-masing variasi berjumlah 3 buah. Jumlah sampel yang digunakan sesuai dengan SNI 03- 2834-2000 dapat dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 1. Rencana Uji Laboratorium

Macam Pengujian	Sampel	Presentase $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ dan NaOH	Presentase Abu Cangkang Telur	Kode Sampel	Jumlah
Kuat Tekan	Beton Silinder d=10cm t=20cm	70:30	0%	1A	3
				1A	3
			80%	2B	3
				2B	3
			90%	3C	3
				3C	3
			100%	4D	3
				4D	3
Total Sampel					24

Ket:

A = beton yang dioven

B = beton yang tidak dioven

Pada tahap persiapan penelitian ini dilakukan untuk segala hal yang mendukung terlaksananya proses penelitian. Dimulai dari pemeriksaan alat yang akan digunakan, pengujian material yang akan digunakan dalam proses penelitian, dan penentuan hari pengerjaan penelitian.

Sebelum bahan-bahan yang akan digunakan pada penelitian, harus dilakukan pemeriksaan. Hal ini dilakukan agar dapat mengetahui bahan tersebut layak atau tidak untuk digunakan dalam penelitian. Adapun pemeriksaan terhadap tiap-tiap bahan dapat dijabarkan sebagai berikut: Abu Cangkang Telur Bebek: 1) Pengujian Berat Jenis; 2) Pengujian Analisis Saringan; 3) Agregat Halus. Pengujian Kadar Lumpur: 1) Pengujian Analisis Saringan; 2) Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan; 3) Pengujian Kadar Air. Agregat Kasar: 1) Pengujian Analisis Saringan; 2) Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan; 3) Pengujian Kadar Air.

Dalam perencanaan proposi campuran untuk beton geopolimer yang digunakan berdasarkan SNI 03-2834-2002 "Tata Cara Pembuatan Beton Normal" dan hanya mengganti pasta semen dengan pasta geopolimer.

Pada tahap pengadukan di mana pencampuran bahan berdasarkan berat yang ditimbang. Dilakukan pengadukan beton berdasarkan SNI 03-3976-1995 "Tata Cara Pengadukan Beton" dengan menentukan jumlah adukan sebanyak 35 dalam waktu 3,5 menit.

Dalam pembuatan benda uji pada penelitian ini sama dengan pembuatan beton

konvensional. Benda uji yang dibuat menggunakan cetakan berbentuk silinder dengan diameter 10 cm dan tinggi 20 cm.

Benda uji yang telah di buat akan dimasukkan ke dalam oven pada suhu 83°C dalam waktu 24 jam kemudian benda uji didiamkan pada suhu ruangan hingga umur beton mencapai 7 hari.

Tahap pengujian kuat tekan benda uji untuk beton *speedcrete* pengujian dilakukan setelah cetakan dibuka, sedangkan untuk beton normal pengujian kuat tekan dapat dilakukan setelah tahap perawatan benda uji selesai. Prosedur pengujian kuat tekan dilakukan sesuai SNI 1974:2011 “Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder”.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Material yang akan digunakan sebelumnya dilakukan pengujian terlebih dahulu pada agregat halus dan agregat kasar yang mengacu pada SNI 03-1968-1990 “Metode Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar”. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel berikut:

Tabel 2. Hasil Pengujian Bahan

Pengujian	Hasil Pengujian	
	Agregat Halus	Agregat Kasar
Kadar Lumpur	4,84 %	-
Zat Organik	Warna No.1	-
Kadar Air	5,94 %	3,72 %
Penyerapan	4,16 %	0,33 %
MHB	4,52 %	7,43 %
Berat Jenis	2,63 %	2,47 %

Cangkang telur bebek yang sudah menjadi serbuk dilakukan pengujian unsur dan senyawa dan berat jenis. Hasil uji serbuk cangkang telur bebek dapat dilihat pada Tabel 3 di bawah ini.

Tabel 3. Hasil Pengujian Abu Cangkang Telur Bebek

Pengujian	Hasil
Berat Jenis	2,74 gram/ml

Kandungan senyawa	
- Karbon Dioksida (CO <sub>2</sub> )	39,04 %
- Kalsium Oksida (CaO)	60,52%
- Sulfur Dioksida (SO <sub>2</sub> )	0,44 %

Perhitungan rencana campuran pembuatan beton geopolimer mengacu pada ASTM C33. Dengan data hasil uji bahan pada agregat halus, agregat kasar, dan abu cangkang telur bebek. Pada campuran beton geopolimer memiliki mutu rencana adalah  $f_c'$  20 MPa dengan FAS 0,40, maka proporsi bahan penyusun beton geopolimer pada satu silinder dapat dilihat pada Tabel berikut:

Tabel 4. Proporsi Bahan Campuran Beton Geopolimer Untuk Satu Silinder

Bahan-bahan	Berat(kg)			
	0%	80%	90%	100%
Abu cangkang telur bebek	-	0,57	0,64	0,71
Natrium hidroksida	0,21	0,21	0,21	0,21
Sodium silikat	0,50	0,50	0,50	0,50
Agregat halus	0,90	0,90	0,90	0,90
Agregat kasar	1,53	1,53	1,53	1,53
<b>Jumlah</b>	<b>3,14</b>	<b>3,71</b>	<b>3,71</b>	<b>3,85</b>

Setelah merencanakan campuran beton sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) selanjutnya *mix design* yang sudah direncanakan di koreksi dengan kebutuhan bahan yang dipakai.

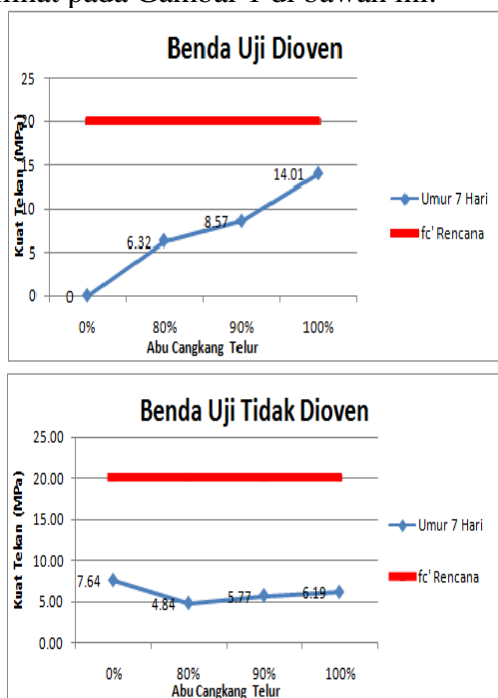
Untuk mendapatkan nilai kuat tekan beton geopolimer dilakukan tes kuat tekan pada lab bahan yang didampingi laboran saat melakukan tes kuat tekan. Hasil uji kuat tekan beton dapat dilihat pada Tabel 5 di bawah ini.

Tabel 5. Hasil Kuat Tekan Beton Geopolimer

Perlakuan	Sample	Kuat tekan 7 hari MPa			
		0%	80%	90%	100%
Di Oven	1	-*	5,09	7,89	11,46
	2	-*	6,36	7,64	14,01
	3	-*	7,51	10,19	16,56
	<b>Rata-Rata</b>	<b>-*</b>	<b>6,32</b>	<b>8,57</b>	<b>14,01</b>
Tidak Di Oven	1	3,82	3,82	3,09	5,73
	2	13,37	4,22	6,37	5,09
	3	5,73	6,36	3,86	7,77
	<b>Rata-Rata</b>	<b>7,64</b>	<b>4,84</b>	<b>5,77</b>	<b>6,19</b>

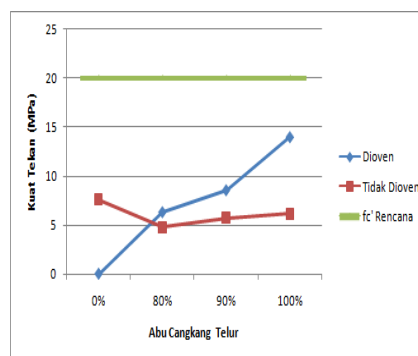
\*Benda uji tidak dapat diuji dikarenakan beton tidak dapat mengeras/hancur

Benda uji beton pada variasi 0% dibuat tanpa ada campuran abu cangkang telur. Hal ini bertujuan untuk menjadi acuan agar dapat mengetahui berapa kuat tekan yang dihasilkan jika ditambahkan dengan abu cangkang telur bebek. Uji kuat tekan beton dengan variasi 80%, 90% dan 100% perlakuan tidak berbeda dengan yang lain. Hasil pengujian kuat tekan beton dapat dilihat pada Gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Grafik Kuat Tekan Beton Geopolimer

Pada pembuatan benda uji beton dilakukan dengan cara yang sama pada setiap variasinya. Setiap variasi dibuat benda uji sebanyak 3 buah berbentuk silinder. Campuran serbuk cangkang telur memiliki kuat tekan yang berbeda-beda pada setiap variasinya. Beton yang sudah cukup umur akan di uji kuat tekannya. Hasil uji kuat tekan beton keseluruhan pada umur 7 hari pada beton yang dioven dan tidak dioven dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Kuat Tekan Beton Dioven dan Tidak Dioven

Hasil yang ditunjukkan pada grafik di atas bahwa dengan pengovenan benda uji akan meningkatkan kuat tekan beton. Perbedaan jelas terlihat pada beton yang melalui proses pengovenan nilai kuat tekan beton yang dihasilkan dengan perawatan temperatur atau pengovenan pada umur 7 hari paling tinggi pada variasi 100% sebesar 14,01 MPa.

Hasil-hasil pengujian menunjukkan bahwa cara perawatan beton geopolimer serbuk cangkang telur bebek dengan metode pemanasan/pengovenan sangat menentukan kuat tekan yang dihasilkan. Pada perawatan dengan temperatur ruangan nilai kuat tekan yang dihasilkan rendah. Sedangkan perawatan beton benda uji dengan mengoven selama 24 jam pada suhu 83°C, nilai kuat tekan yang dihasilkan tinggi walaupun belum mencapai mutu yang direncanakan. Hal ini sejalan dengan apa yang dijelaskan oleh Nugrahanto (2016) dan Sumajouw,dkk (2014) di mana dengan melakukan perawatan dengan mengoven dan dengan adanya perlakuan *Curing Temperature* nilai kuat tekan beton yang dihasilkan semakin meningkat. Kurang maksimalnya nilai kuat tekan beton yang dihasilkan, ini dapat disebabkan kandungan silika pada abu cangkang telur bebek tidak ada. Seperti yang diketahui pada buku Teknologi Beton (Nugraha, 2007) disebutkan bahwa bahan tambah yang akan digunakan pada beton harus mengandung silikon lebih dari 75%. Hal ini adalah salah

satu penyebab beton yang dihasilkan kurang baik.

## SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan penelitian ini maka dapat diambil kesimpulan, sebagai berikut:

1. Kuat tekan beton geopolimer yang dihasilkan dengan memanaskan benda uji beton pada variasi 0%;80%; 90%; dan 100%, yaitu 0 Mpa; 6,32 Mpa; 8,57 Mpa; dan 14,01 MPa, sedangkan benda uji beton yang tidak dilakukan pemanasan nilai kuat tekan beton pada variasi 0%; 80%; 90%; dan 100%, yaitu 7,64 Mpa; 4,84 Mpa; 5,77 Mpa; dan 6,19 MPa. Dapat dilihat bahwa nilai kuat tekan rata-rata maksimum terdapat pada variasi 100% dengan benda uji yang dioven pada suhu 83°C terlebih dahulu.
2. Benda uji beton geopolimer pada umur 7 hari yang dioven maupun tidak dioven belum mencapai mutu beton yang sudah direncanakan  $f_c' 20$  MPa. kemungkinan kuat tekan beton akan bertambah jika umur beton di tambah pada variasi umur 14, 21 dan 28 hari. Beberapa saran untuk penelitian selanjutnya antara lain sebagai berikut:
  1. Dalam proses pembuatan benda uji banyak yang harus diperhatikan untuk mengurangi kesalahan dalam pengambilan data, dari material yang digunakan, peralatan dan pembuatan benda uji.
  2. Perataan benda uji saat dimasukkan ke dalam silinder sangat penting agar saat uji tekan dilakukan mendapatkan hasil yang maksimal dan tidak ada permukaan yang tidak rata dan sisi yang keropos.
  3. Dilakukan penelitian lanjut tentang variasi umur beton geopolimer terhadap kuat tekan yang dihasilkan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Davidovits, J. (1994). Properties of Geopolymer Cements. *First International Conference on Alkaline Cement and Concretes*, 131-149.
- Hasner, K. E., Musalamah, S., & Prihantono. (2019). Variasi Campuran Alkali Aktivator pada Kuat Tekan Beton Geopolimer dengan Menggunakan Abu Cangkang Telur Bebek pada Proses Pengovenan. *Menara: Jurnal Teknik Sipil*, 14(1).
- Khalizah, A. N., Apriani, M., & Afiuddin, A. E. (2019). Life Cycle Assessment Emisi ke Udara pada Proses Pembakaran di Kiln PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk. Pabrik Tuban. *National Conference Proceeding on Waste Treatment Technology*.
- Kirschner, A. V., & Hharmuth, H. (2014). Investigation of Geopolymer Binders with Respect to Their Application for Building Materials.
- Nugraha, P. A. (2007). *Teknologi Beton*. Surabaya: Penerbit Andi.
- Nugrahanto, B. P. (2016). *Studi Kuat Tekan Beton dengan Pemanfaatan Abu Cangkang Telur Bebek Sebagai Bahan Dasar Pembuatan Beton Geopolimer*.
- Purwantoro, A., Suyanto, W., Antoni, A., & Hardjito, D. (2016). Pengaruh Penambahan Boraks dan Kalsium Oksida terhadap Setting Time dan Kuat Tekan Mortar Geopolimer Berbahan Dasar Fly Ash Tipe C. *Jurnal Dimensi Pertama Teknik Sipil*, 5(2).
- Putra, A. K., Wallah, S., & Dapas, S. O.

**Peningkatan Kuat Tekan... (Kinanti/ hal. 23-29)**

(2014). Kuat Tarik Belah Beton Geopolymer Berbasis Abu Terbang (Fly Ash). *Jurnal Sipil Statik*, 2(7).

Sumajouw, M. J., Windah, R. S., & Manuahe, R. (2014). Kuat Tekan Beton Geopolymer Berbahan Dasar Abu Terbang (Fly Ash). *Jurnal Sipil Statik*, 2(6), 277-282.

Syaputra, D. A., Nugroho, F. R., Lie, H. A., & Purwanto. (2018). Studi Eksperimental Pengaruh Perbedaan Molaritas Aktivator pada Perilaku Beton Geopolimer Bahan Dasar Fly Ash. *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 7(1).