

# VARIASI CAMPURAN ALKALI AKTIVATOR PADA KUAT TEKAN BETON GEOPOLIMER DENGAN MENGGUNAKAN ABU CANGKANG TELUR BEBEK PADA PROSES PENGOVENAN

Kevin Erin Hasner<sup>1</sup>, Prihantono<sup>2</sup>, Sittati Musalamah<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Pendidikan Teknik Bangunan, FT, UNJ  
Email: hasnerkevin24@gmail.com

## ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui peningkatan nilai kuat tekan beton geopolimer dengan menggunakan abu cangkang telur itik dengan campuran natrium silikat dan natrium hidroksida dengan variasi 65%: 35%, 70%: 30%, dan 75%: 25% pada 7 hari 28 hari dengan benda uji oven dan beton kontrol yang hanya dibiarkan pada suhu kamar. Adapun latar belakang penulisan ini karena penggunaan semen dapat menimbulkan CO<sub>2</sub> sehingga dengan material abu cangkang telur bebek yang lebih ramah lingkungan menggantikan semen dengan penambahan Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> dan NaOH sebagai aktivatornya. Cangkang telur bebek yang digunakan adalah limbah yang dibakar dengan suhu mencapai 800 ° C selama ± 4 jam dengan menggunakan oven pembakar keramik. Penelitian ini menggunakan benda uji berbentuk silinder dengan diameter 10 cm dan tinggi 20 cm dengan kualitas denah f'c '20 MPa. Pengujian kuat tekan beton geopolimer menggunakan alat *Crushing Test Machine*. Kuat tekan beton geopolimer hasil pemanasan benda uji beton pada variasi aktivator 65%: 35%, 70%: 30%, dan 75%: 25% pada 7 hari yaitu 6.157 MPa, 12.314 MPa, dan 3.736 MPa, dan selama 28 hari. yaitu 2.547 MPa, 2.760 MPa, dan 1.698 MPa. Sedangkan benda uji beton yang tidak dipanaskan nilai kuat tekan beton pada variasi aktivator adalah 65%: 35%, 70%: 30%, dan 75%: 25% pada 7 hari, yaitu 2,972 MPa, 3,991 MPa, dan 1,486 MPa. , dan untuk 28 hari yaitu 1,401 MPa, 2,123 MPa, dan 1.273 MPa. Terlihat bahwa nilai kuat tekan rata-rata maksimum pada variasi aktivator 70%: 30% dengan benda uji dibuang terlebih dahulu pada suhu 79 ° C.

**Kata Kunci:** Natrium Hidroksida, Natrium Silikat, Abu Kulit Telur Bebek, Kuat Tekan, Proses Oven.

## ABSTRACT

The objective of this research is to know the increase in the value of geopolymer concrete compressive strength using duck eggshell ash with a mixture of sodium silicate and sodium hydroxide in variations of 65%: 35%, 70%: 30%, and 75%: 25% at 7 days and 28 days with oven test specimens and control concrete which are only allowed to stand at room temperature. As for the background of this writing because the use of cement can cause CO<sub>2</sub> so that with duck eggshell ash material that is more environmentally friendly to replace cement with the addition of Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> and NaOH as its activator. Ass Duck egg shells used are wastes which are burned with temperatures reaching 800 ° C for ± 4 hours using a ceramic burning oven. This study uses cylindrical test object with a diameter of 10 cm and a height of 20 cm with the quality of the plan is f'c '20 MPa. Testing of geopolymer concrete compressive strength using a *Crushing Test Machine* tool. The geopolymer concrete compressive strength produced by heating concrete specimens at activator variations of 65%: 35%, 70%: 30%, and 75%: 25% at 7 days ie 6,157 MPa, 12,314 MPa, and 3,736 MPa, and for 28 days ie 2.547 MPa, 2.760 MPa, and 1.698 MPa. While the concrete specimens which were not heated the value of concrete compressive strength on activator variations were 65%: 35%, 70%: 30%, and 75%: 25% at 7 days, ie 2.972 MPa, 3.991 MPa, and 1.486 MPa, and for 28 days, ie 1.401 MPa, 2.123 MPa, and 1,273 MPa. It can be seen that the value of the maximum average compressive strength is in the variation of activator 70%: 30% with test specimens vented at a temperature of 79 ° C first.

**Keywords:** Sodium Hydroxide, Sodium Silicate, Duck Egg Shell Ash, Compressive Strength, Oven Process.

## PENDAHULUAN

Beton merupakan campuran dari agregat halus, agregat kasar dan material pengikat berupa semen yang ditambah air. Material yang menggunakan beton ini banyak dimanfaatkan karena sebagian besar bahan-bahan penyusunnya mudah diperoleh sehingga dapat menekan biaya konstruksi yang diperlukan. Penggunaan material beton di Indonesia sangat dominan, hal ini ditandai dengan tingkat konsumsi semen yang mencapai 25,45 juta ton atau sekitar 18,60% dari total nilai pekerjaan beton nasional, dan ditargetkan mencapai angka 41 juta ton atau 30% pada 2019 mendatang (2016)

<http://www3.pu.go.id/berita/11594/Kementerian-PUPR-Siap-Dorong-Peningkatan-Kapasitas-Industri-Beton-Pra-Cetak>

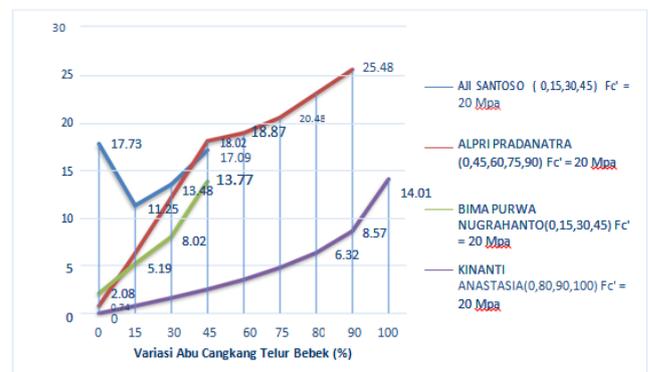
Akhir-akhir ini beton yang kita kenal makin sering mendapatkan kritik, khususnya dari kalangan yang peduli dengan kelestarian lingkungan hidup sehubungan dengan masalah emisi CO<sub>2</sub>. Hasil kajian tim proyek skema penurunan emisi untuk industri semen menunjukkan, emisi yang dihasilkan dari kegiatan produksi di sektor industri semen pada tahun 2010 mencapai total 50,8 juta ton karbon dioksida. (<http://www.datacon.co.id/Cement-2010Industry.html>).

Untuk itu telah banyak dilakukan upaya-upaya untuk mengganti semen dengan material lain yang lebih ramah lingkungan dan juga mempunyai kemampuan setara dengan semen. Diantaranya adalah melalui pengembangan beton dengan menggunakan bahan pengikat anorganik seperti alumina-silikat *polymer* atau dikenal dengan geopolimer. Geopolimer merupakan sintesa dari material geologi yang terdapat pada alam yang kaya akan kandungan silika dan alumina (Davidovits, 1999). Bahan geopolimer ialah beton yang sama sekali tidak menggunakan semen sebagai material pengikat. Material alternatif pengganti

## Variasi Campuran Alkali... (Kevin/ hal. 27-33)

semen sebagai bahan pengikat dalam beton biasanya menggunakan *fly ash*, abu sekam padi, atau abu ampas tebu. Sebagai aktivatornya digunakan sodium hidroksida (NaOH) dan sodium silikat (Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>).

Beberapa penelitian mengenai beton geopolimer juga telah mencoba menggunakan cangkang telur sebagai pengganti semen dan memakai alkali aktivator yang digunakan antara Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> dan NaOH dengan perbandingan 70% : 30%. Penelitian yang telah dilakukan pertama dilakukan oleh Aji Santoso dengan uji presentase variasi tepung cangkang telur 0% , 15% , 30% , 45% terhadap berat semen dan melalui perawatan benda uji dengan suhu 60°C, Penelitian kedua dilakukan oleh Alpri Pridanatra dengan uji presentase variasi tepung cangkang telur 0% , 45% , 60% , 75% , 90% terhadap berat semen dan melalui perawatan benda uji dengan suhu 60 °C. Penelitian ketiga dilakukan oleh Bima Purwa Nugrahano dengan uji presentase variasi tepung cangkang telur 0%, 15% , 30% , 45% terhadap berat semen dan perawatan curing hanya dibiarkan disuhu ruangan. Penelitian keempat dilakukan oleh Kinanti Anastasia dengan uji presentase variasi tepung cangkang telur 0% , 80% , 90% , 100% terhadap berat semen dan perawatan benda uji dengan suhu 83 °C.



Pada penelitian ini akan menggunakan variasi aktivator antara sodium silikat (Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>) dan natrium hidroksida (NaOH) dengan kadar persentasenya 65% : 35% ; 70% : 30% ; dan 75% : 25% dengan 100% abu cangkang

## Variasi Campuran Alkali... (Kevin/ hal. 27-33)

telur bebek dari berat semen dengan memberi perlakuan dua kondisi pada benda uji di oven dengan suhu 79 °C dan di diamkan pada suhu ruang guna untuk mencari nilai optimum.

Abu Cangkang telur sendiri terdiri dari silika (SiO) 32,57%, kapur (CaO) 30,33%, dan magnesium (MgO) 37,10%. Oleh karena itu diperlukan komposisi aktivator yang tepat sehingga bisa membentuk pasta untuk mengikat agregat. Larutan alkalin yang digunakan adalah kombinasi dari sodium hidroksida (NaOH) dan sodium silikat (Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>). Sodium hidroksida berfungsi untuk mereaksikan unsur – unsur Al dan Si yang terkandung dalam abu cangkang telur sehingga dapat menghasilkan ikatan polimer yang kuat, sedangkan sodium silikat berfungsi untuk mempercepat reaksi polimerisasi (Sumajouw dan Dapas. 2012).

Dengan adanya perlakuan *Curing Temperature* nilai kuat tekan beton yang dihasilkan semakin meningkat (Sumajouw, 2014). Beton geopolimer pada umur 7 & 28 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. Perawatan beton geopolimer yang hanya didiamkan pada suhu ruangan akan mengalami penundaan pada waktu pengikatan. (Kirschner dan Harmuth, 2004).

Reaksi polimerisasi membutuhkan panas dalam prosesnya, oleh karena itu metode *curing* dengan menggunakan oven atau *microwave* dengan suhu *curing* yang lebih tinggi dan waktu *curing* yang lebih lama cenderung lebih baik untuk menghasilkan beton geopolimer dengan kuat tekan yang tinggi. Namun, dalam kondisi tertentu temperature *curing* yang tinggi dapat menyebabkan penurunan kuat tekan beton geopolimer. (Septia, 2011).

Kekuatan beton geopolimer meningkat seiring dengan peningkatan kandungan silika. Silika adalah reaktan penting dalam proses

geopolimerisasi, dimana peningkatan kandungan SiO<sub>2</sub> akan memperbesar kuat tekan. (Rahma, 2010). Silika berpengaruh positif terhadap kuat tekan dan H<sub>2</sub>O berpengaruh negatif. NaOH mampu membantu mengoptimalkan kuat tekan, namun NaOH yang tersisa dapat terdegradasi menjadi Na<sub>2</sub>O yang pada akhirnya memperlemah solidifikasi geopolimer (H. Fansuri et al. 2007). Belum ada data penelitian mengenai berapa kadar NaOH (dalam pasangan senyawa pembentuk alkali aktifator beton geopolimer) yang optimal untuk menghasilkan kuat tekan rencana yang maksimum.

## METODE

Penelitian untuk pembuatan dan menguji kuat tekan beton geopolimer dilaksanakan di Laboratorium Bahan Bangunan Universitas Negeri Jakarta yang terletak di Kampus A Jalan Rawamangun Muka Jakarta Timur. Sedangkan untuk proses pembakaran cangkang telur dilaksanakan di Jl. Raya Siliwangi Kp. Rawa Panjang No.30 Gg. Kebembem Masjid Al Jihad Sepanjang Jaya Bekasi. Waktu penelitian dilakukan dari bulan April 2018 sampai dengan Januari 2019.

Sampel yang akan di uji kuat tekannya dalam penelitian ini berjumlah 39 benda uji yang merupakan keseluruhan dalam sampel, yang terdiri dari 18 buah benda uji dengan proses pengovenan dan 18 buah benda uji tidak dioven dan benda uji beton normal pada masing – masing variasi berjumlah 3 buah. Jumlah sampel yang digunakan sesuai dengan SNI 03 – 2834 – 2000. Dapat dilihat pada Tabel 3.1

**Tabel 3.1 Sampel Benda Uji Laboratorium**

Persentase Abu Cangkang Telur	Persentase $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ dan $\text{NaOH}$	Kode Sampel	Jumlah
0%	-	Z	3
100%	65% : 35%	1A	3
		1B	3
		1C	3
		1D	3
	70% : 30%	2A	3
		2B	3
		2C	3
		2D	3
	75% : 25%	3A	3
		3B	3
		3C	3
		3D	3
Total Sampel			39

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen, dimana untuk mendapatkan data atau hasil yang menghubungkan variabel-variabel yang di teliti harus mengadakan suatu percobaan. Metode ini dapat dilaksanakan di dalam laboratorium maupun di luar laboratorium. Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium, yaitu Laboratorium Bahan Bangunan Universitas Negeri Jakarta.

### 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 tentang Metode Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.1.

**Tabel 4.1 Hasil Pengujian Agregat Halus dan Agregat Kasar**

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 4.2.

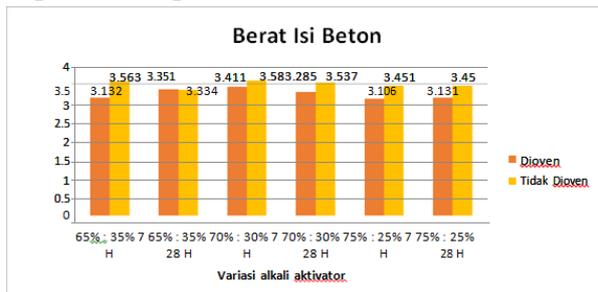
**Tabel 4.2 Hasil Pengujian Abu Cangkang Telur Bebek**

Nama Peneliti	Aji santoso (2009)	KINAN ANASTASIA (2013)	KEVIN ERIN HASNER (2014)	Semen Portland
Keterangan				
SUHU	800°C	800°C	800°C	
WAKTU	± 8 JAM	±6JAM	± 4 JAM	
SiO <sub>2</sub>	32,57 %	-	43,38 %	20,7 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	-	24,26 %	5,75 %
CaO	30,3	60,52%	9,94 %	64%

Variasi Campuran Alkali... (Kevin/ hal. 27-33)

	3 %			
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	-	14,91 %	2,5%
K <sub>2</sub> O	-	-	0,05%	0,15 %
Cl <sub>2</sub> O	-	-	-	-
SO <sub>3</sub>	-	0,44 %	-	2,75 %
MgO	37,10 %	-	7,46 %	1%
MnO	-	-	-	0,2
Na <sub>2</sub> O	-	-	-	0,6%
CO <sub>2</sub>	-	39,04%	-	-
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	-	-	-	0,05 %
LOI	-	-	-	2,3%
ZnO <sub>2</sub>	-	-	-	-
Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	-	-	-
Cu <sub>2</sub> O	-	-	-	-

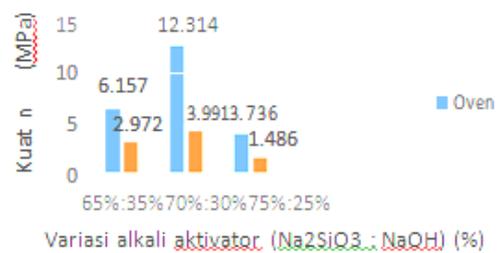
Berat isi yang telah ditimbang dikelompokkan menurut jumlah variasi abu cangkang telur bebek. Grafik hasil berat isi dapat dilihat pada Gambar 4.1



Gambar 4.1 Berat Isi Beton

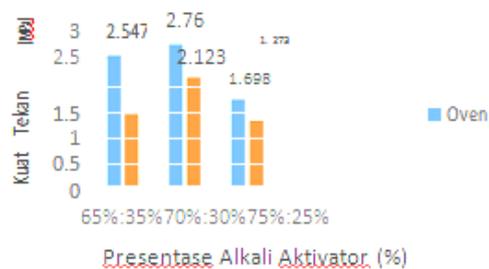
Nilai kuat tekan beton yang diuji merupakan abu cangkang telur bebek sebagai bahan pengganti 100% semen, dengan komposisi beton dengan  $f_c$  20 MPa yang sudah dibuat dalam mix design dengan variasi alkali aktivator dengan perbandingan variasi Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> dan NaOH 65%:35% ; 70%:30% ; dan 75%:25% dari berat semen. Grafik hasil kuat tekan rata-rata dapat dilihat pada Gambar 4.2. dan 4.3

Kuat Tekan Rata-Rata Beton 7Hari



Gambar 4.2 Diagram Kuat Tekan Beton Rata-rata 7 Hari

Kuat Tekan Rata-Rata Beton 28Hari



Gambar 4.3 Diagram Kuat Tekan Beton Rata-rata 28 Hari

Dari hasil pengujian kuat tekan beton pada gambar 4.4 kuat tekan beton kontrol dengan variasi aktivator 65%:35% pada umur 7 hari rata-ratanya didapat 2,97 MPa, dan mengalami kenaikan 207,3% dari beton kontrol, kuat tekannya menjadi 6,157 MPa. Sedangkan beton kontrol pada variasi aktivator 70%:30 beton kontrolnya didapat 3,991 MPa, dan mengalami kenaikan 308,5% dari beton kontrol, kuat tekannya 12,314 MPa. Sedangkan beton pada variasi 75%:25% beton kontrolnya adalah 1,486 MPa dan mengalami kenaikan 251,4% dari beton kontrol yaitu sebesar 3,736MPa. Hal ini dikarenakan selama pada proses curing NaOH yang merupakan aktivator silika dan alumina yang terdapat pada prekursor terganggu akibat adanya serangan larutan asam sulfat dan asam klorida yang masuk kedalam beton yang membuat pengikatan yang terjadi pada beton geopolimer menjadi tidak sempurna, karena larutan asam sulfat dan klorida yang merupakan asam kuat mengganggu reaksi pengikatan NaOH yang

merupakan basa kuat, yang mengakibatkan pengikatan binder menjadi tidak baik dan mengakibatkan pengeroposan pada bagian luar pada beton geopolimer. (Rafli Andaru, 2016).

Dari hasil pengujian kuat tekan benda uji pada umur 7 hari menghasilkan kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan dengan umur 28 hari pada proses pengovenan. Hal ini dikarenakan beton pada umur 28 hari mengalami polimerisasi yang mempengaruhi bentuk fisik dikarenakan tempat penyimpanan beton yang kurang baik sehingga menimbulkan retak – retak pada beton. Plastik digunakan untuk menutupi beton yang sudah di oven agar tidak terjadi penguapan berlebihan saat di lakukan proses curing untuk menghindari retak – retak pada beton. (Triwulan., Ekaputri, JJ., dan Damayanti Oktavina, 2007).

Kuat tekan beton geopolimer yang dihasilkan dengan memanaskan benda uji beton pada variasi activator 65%:35% , 70%:30% ,dan 75%:25% pada waktu 7 hari yaitu 6,157 MPa, 12,314 MPa ,dan 3,736 MPa, dan untuk 28 hari yaitu 2,547 MPa, 2,760 MPa ,dan 1,698 MPa. Sedangkan sedangkan benda uji beton yang tidak dilakukan pemanasan nilai kuat tekan beton pada variasi aktivator 65%:35% , 70%:30% ,dan 75%:25% pada waktu 7 hari yaitu 2,972 MPa, 3,991 MPa ,dan 1,486 MPa, dan untuk 28 hari yaitu 1,401 MPa, 2,123 MPa ,dan 1,273 MPa. Dapat dilihat bahwa nilai kuat tekan rata-rata maksimum terdapat pada variasi activator 70%:30% dengan benda uji yang dioven pada suhu 79°C terlebih dahulu hal ini dikarenakan pada proses pemadatan memiliki catatan waktu yang lebih lama sehingga hasil yang didapatkan menjadi lebih bagus.

## KESIMPULAN

Beton geopolimer umur 7 hari lebih besar kuat tekannya di bandingkan dengan umur 28 hari. Dapat dilihat bahwa nilai kuat tekan rata– rata maksimum terdapat pada

## Variasi Campuran Alkali... (Kevin/ hal. 27-33)

beton geopolimer 7 hari pada variasi aktivator 70% : 30% dengan perawatan benda uji yang di oven pada suhu 79°C melalui proses pemadatan dengan catatan waktu yang lebih lama disbanding dengan beton geopolimer lainnya sehingga hasil yang di dapat lebih besar.

## Saran

Untuk menghasilkan penelitian yang sempurna, maka disarankan 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 kedalam 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 lanjutan tentang pengovenan abu cangkang telur bebek untuk mencari kandungan kimia sebaik mungkin yang mendekati kandungan semen sesungguhnya.
4. Perawatan benda uji (curing) sebaiknya dilakukan dengan standard curing ( $20 \pm 2^\circ$  dengan *humidity*  $100 \pm 2$  atau ditutupi dengan karung basah dan di tutup dengan plastik.

## REFERENSI

Beton Indonesia Kementerian PUPR, Penggunaan beton sangat dominan. [http://www3.pu.go.id/berita/11594/Kementerian-PUPR-Siap-Dorong-Peningkatan Kapasitas-Industri-Beton-Pra-Cetak](http://www3.pu.go.id/berita/11594/Kementerian-PUPR-Siap-Dorong-Peningkatan-Kapasitas-Industri-Beton-Pra-Cetak).

Davidovits, J., 1999. Chemistry of geopolymer system, terminology. In Proceedings of geopolymer system, terminology.” In proceedings of

### Variasi Campuran Alkali... (Kevin/ hal. 27-33)

- Geopolymer '99 International Conferences, France [skripsi]. Manado: Fakultast Teknik, Universitas Sam Ratulangi.
- Fansuri, H et al 2007, Pembuatan dan Karakterisasi Geopolimer dari Bahan Abu Layang PLTU Paiton : Akta Kimindo Vol. 3 No.2 April 2008. : 61-66.
- Kirschner, A. V., & Hharmuth, H. (2014). *Investigation of Geopolymr Binders with Respect to Their Application for Building Materials. Cristan Deppler Laboratory for Building Material with Optimized Properti at the Departemen Of Ceramics, University of Leoben, Leobon, Austria.*
- Rafli A , Bernardinus H ,dan Rulli R. (2016). Ketahanan Beton Geopolimer Berbasis *Fly Ash* terhadap sulfat dan Klorida [skripsi]. Bandung. Fakultas Teknik, Institut Teknologi Nasional.
- Rahma, FD., 2010, Pengaruh Modulus Alkali dan Kadar Aktivator Terhadap Kuat Tekan Fly ash-Based Geopolimer mortal, Surakarta.
- Septia, P. 2011. Studi Literatur Pengaruh Konsentrasi NaOH dan Rasio NaOH : Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>, Rasio Air/Prekursor , Suhu Curing dan Jenis Prekursor Terhadap Kuat Tekan Beton Geopolimer [skripsi]. Depok: Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.
- Skema penurunan emisi untuk industri semen.  
<http://www.datacon.co.id/Cement-2010Industry.html>
- Sumajouw, M. D. J. & Stevanny Gumalang, S.E., 2012, Pengaruh Kadar Air Pada Kekuatan Beton Geopolymer, Tim penerbit JTS FT UNSRAT, Manado.
- Sumanjouw, Marthin D.J, 2014. Kuat Tekan Beton Geopolymer Berbahan Dasar Abu Terbang (Fly Ash)