

pemanfaatan_bauksit.pdf

by

Submission date: 31-Oct-2018 11:37AM (UTC+0700)

Submission ID: 1030184860

File name: pemanfaatan_bauksit.pdf (503.79K)

Word count: 3318

Character count: 19294

PEMANFAATAN BATU BAUKSIT SEBAGAI PENGGANTI AGREGAT KASAR PADA BETON GEOPOLIMER BERBASIS *FLY ASH*

Ade Lisantono¹, Husin², Junaedi Utomo³, Yosendrick Haris Divanta Purba⁴

¹Program Studi Teknik Sipil, Universitas Atma Jaya Yogyakarta, Jl. Babarsari 44, Yogyakarta
Email: adelisantono@mail.uajy.ac.id dan adelisantono7@gmail.com

²PT. Boyan Gemilang, Batam
Email: kamajaya.batam@gmail.com

³Program Studi Teknik Sipil, Universitas Atma Jaya Yogyakarta, Jl. Babarsari 44, Yogyakarta
Email: utomof@live.com

⁴Program Studi Teknik Sipil, Universitas Atma Jaya Yogyakarta, Jl. Babarsari 44, Yogyakarta
Email: purbayosendrick@gmail.com

ABSTRAK

Beton merupakan bahan bangunan yang pada umumnya terbuat dari bahan semen, air, agregat halus dan agregat kasar. **32**duksi semen merupakan salah satu penyumbang dalam pemanasan global (*global warming*). Salah satu upaya untuk mengurangi pemanasan global adalah mengurangi penggunaan semen dalam beton. Beton geopolimer merupakan beton dimana semen diganti dengan bahan lain yang ramah lingkungan. Untuk mengurangi limbah industri, perlu diupayakan pemanfaatan limbah sebagai bahan yang bermanfaat. Salah satu limbah yang mengandung alumina adalah batu bauksit yang merupakan ampas lumpur merah dari sisa pembuatan biji bauksit menjadi Al_2O_3 (alumina). Penggunaan residu bauksit sebagai basis agregat kasar pada pembuatan beton geopolimer karena residu bauksit mengandung larutan alkali aluminosilikat (sebagai sisa pemrosesan bijih bauksit). Pada penelitian ini *fly ash* digunakan sebagai sebagai basis utama dalam pembuatan beton geopolimer. Variasi persentase aktivator dan *fly ash* yang digunakan adalah 30%; 40%; dan 50% terhadap massa beton geopolimer dengan komposisi antara aktivator dan *fly ash* adalah 26% dan 74%. Sedangkan batu bauksit digunakan sebagai pengganti agregat kasar dalam beton geopolimer dengan variasi agregat adalah 70%; 60% dan 50% dimana masing-masing variasi agregat tersebut dengan persentase antara agregat kasar dengan agregat halus adalah 65% dan 35%. Hasil pengujian menunjukkan bahwa dengan meningkatnya persentase agregat pada beton geopolimer maka kuat tekan beton geopolimer juga akan semakin meningkat. Pada penelitian ini kuat tekan maksimal terjadi pada campuran 70% agregat (batu bauksit 65% dan pasir 35%) dan 30% *fly ash* dan aktivator dengan kuat tekan dan modulus elastisitas beton geopolimer umur 28 hari berturut-turut sebesar 49,342 MPa dan 34.743 MPa.

Kata kunci: Beton geopolimer, *fly ash*, batu bauksit, agregat kasar, sifat mekanik beton geopolimer.

1. PENDAHULUAN

Penggunaan semen sebagai bahan pengikat (*binder*) dalam campuran beton secara tidak langsung dapat merusak lingkungan hidup. Hal ini berkaitan dengan CO_2 (karbondioksida) yang dihasilkan dari proses produksi semen yang dapat mengakibatkan pemanasan global. Beton geopolimer merupakan solusi terbaik dalam meminimalkan penggunaan semen karena pada **47** proses pembentukan beton geopolimer tidak memerlukan semen sebagai pengikat dalam campuran beton. Bahan dasar utama yang diperlukan untuk pembuatan material geopolimer ini adalah bahan-bahan yang banyak mengandung unsur-unsur silika dan alumina (Lianasari et al., 2014). Kebutuhan akan tingginya kandungan silika dan alumina disebabkan karena silika dan alumina merupakan bahan yang akan menghasilkan binder atau pengikat dalam beton geopolimer (Ekaputri et al., 2007). Beton geopolimer yang dibuat menggunakan bahan dasar *fly ash* sebagai dasar **6** pengikat sudah banyak dikembangkan oleh para peneliti (Hardjito et al., 2004; Hardjito dan Rangan, 2005; Triwulan et al., 2007; Sathia et al., 2008; Lisantono dan Panjaitan, 2009; Vijai et al., 2010; Prasetyo et al., 2015; dan Herianto et al., 2017). Sedangkan pengembangan beton geopolimer yang berbasis abu ampas tebu sebagai bahan dasar pengikat telah dicoba dilakukan oleh Lisantono dan Hatmoko (2011).

Batu bauksit merupakan ampas lumpur merah dari sisa atau limbah pembuatan biji bauksit menjadi Al_2O_3 (alumina). Menurut Aziz dan Azhari (2014) keuntungan dalam penggunaan batu bauksit sebagai basis agregat kasar pada beton geopolimer adalah dapat menambah persentase massa dari silika dan alumina pada *binder* geopolimer. Untuk menjaga lingkungan agar tidak tercemar dari limbah, maka limbah batu bauksit tersebut perlu dimanfaatkan dalam

pengembangan teknologi beton khususnya beton geopolimer. Penelitian ini dilakukan bertujuan untuk memanfaatkan batu bauksit sebagai pengganti agregat kasar pada beton geopolimer yang berbasis abu terbang atau *fly ash*.

2. PROGRAM EKSPERIMENTAL

Material

Material penyusun dari beton geopolimer adalah agregat kasar berupa batu bauksit, agregat halus berupa pasir, NaOH (Natrium Hidroksida) dan Natrium Silikat (Na_2SiO_3) sebagai aktivator sedangkan *fly ash* sebagai prekursor. Berikut uraian mengenai material-material penyusun beton geopolimer.

Fly ash

Menurut ASTM C.618 *fly ash* didefinisikan sebagai butiran halus hasil residu pembakaran batu bara atau bubuk batu bara. *Fly ash* dapat dibedakan menjadi dua, yaitu *fly ash* yang normal yang dihasilkan dari pembakaran batu bara *antrasit* atau batu bara *bitumens* dan *fly ash* kelas C yang dihasilkan dari batu bara jenis *lignite* atau *subbitumens*.

Penelitian ini menggunakan *fly ash* kelas C. Berikut ini merupakan komposisi kandungan *fly ash* seperti diperlihatkan pada Tabel.1 yang telah diuji di Laboratorium BBTCLPP (Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit) Yogyakarta.

Tabel 1. Unsur kimia *fly ash*

<i>Parameter</i>	<i>Satuan</i>	<i>% Massa</i>
Silika total (SiO_2)	27%	19,24
Aluminium (Al_2O_3)	mg/kg	176158
Besi (Fe_2O_3)	mg/kg	88222
Kalsium (CaO)	mg/kg	186576
Magnesium (MgO)	mg/kg	94366
Kalium (K_2O)	mg/kg	5301
Natrium (Na_2O)	mg/kg	2879
Kadar Air	%	0,28
Kadar Lemas	%	0,09

Batu bauksit

Bauksit adalah material yang berupa batuan yang tersusun dari komposisi utama berupa mineral-mineral aluminium hidroksida seperti gipsit, buhmit, dan diaspor. Bauksit merupakan mineral bijih utama untuk memproduksi logam alumina. Berkaitan dengan pengolahan bijih bauksit menggunakan *Bayer process* yang menghasilkan limbah berupa lumpur halus berwarna merah-kecoklatan yang disebut *red mud* (Aziz et al., 2009). Pada penelitian ini akan menggunakan batu bauksit sebagai pengganti agregat kasar untuk mengurangi limbah yang dihasilkan pada saat pembuatan aluminium.

Berikut ini merupakan komposisi kandungan bauksit seperti diperlihatkan pada Tabel.2 yang telah diuji di Laboratorium BBTCLPP (Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit) Yogyakarta.

Tabel 2. Unsur kimia batu bauksit

<i>Parameter</i>	<i>Satuan</i>	<i>% Massa</i>
Silika total (SiO_2)	%	18,77
Aluminium (Al_2O_3)	mg/kg	275502
Besi (Fe_2O_3)	mg/kg	69619
Kalsium (CaO)	mg/kg	42043
Magnesium (MgO)	mg/kg	2893
Kalium (K_2O)	mg/kg	229
Natrium (Na_2O)	mg/kg	262
Kadar Air	%	2,68
Kadar Lemas	%	0,76

Larutan alkali

23

Larutan alkali yang banyak digunakan dalam beton geopolimer adalah kombinasi dari sodium hidroksida (NaOH) atau kalium hidroksida (KOH) dan sodium silikat atau kalium silikat. Sodium hidroksida yang digunakan sebagai alkali aktivator, berfungsi untuk mereaksi unsur-unsur alumina (Al) dan Silika (Si) yang terkandung pada *fly ash* sehingga dapat menghasilkan ikatan polimer yang kuat. Sodium silikat yang digunakan sebagai katalisator yang mempercepat terjadinya reaksi kimia.

Kombinasi antara larutan Na_2SiO_3 (natrium silikat) dan natrium hidroksida (NaOH) dapat digunakan sebagai larutan alkali. pencampuran larutan Na_2SiO_3 (natrium silikat) dan natrium hidroksida (NaOH) setidaknya dilakukan 24 jam sebelum larutan digunakan (Rangan, 2008).

Sifat beton yang diuji

Pengujian yang dilakukan pada beton geopolimer adalah pengujian unsur kimia material, nilai *slump*, *setting time*, kuat tekan, dan modulus elastisitas.

Pengujian unsur kimia material

Pengujian unsur kimia dimaksudkan untuk mengetahui senyawa kimia yang ada pada *fly ash* dan batu bauksit untuk menentukan % silika dan % alumina yang ada pada *fly ash* dan batu bauksit sehingga *fly ash* dapat dikategorikan *fly ash* tipe C atau tipe F.

Nilai *slump*

Pengujian nilai *slump* bertujuan untuk mengetahui tingkat kesulitan (*workability*) dalam proses pengerjaan adukan beton geopolimer

Setting time

40

Pengujian *setting time* menggunakan alat vicat dilakukan berdasarkan SNI-03-6825-2002 tentang metode pengujian waktu ikat menggunakan alat vicat untuk pekerjaan sipil. Tes *Setting Time* dilakukan untuk menentukan waktu pengikatan awal dan waktu akhir pada beton geopolimer.

Kuat tekan

12

Pengujian kuat tekan beton geopolimer dilakukan pada saat umur 7, 14, dan 28 hari. Variasi pertama dengan agregat 70% dan aktivator 30%, variasi kedua agregat 60% dan aktivator 40%, dan variasi ketiga agregat 50% dan aktivator 50%. Alat yang digunakan untuk menguji kuat tekan adalah mesin *Universal Testing Machine (UTM)* di Laboratorium Struktur dan Bahan Bangunan, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Modulus elastisitas

9

Modulus elastisitas merupakan sifat yang dimiliki oleh beton yang berhubungan dengan mudah tidaknya beton mengalami deformasi saat mendapatkan beban. Semakin besar nilai modulus elastisitas maka semakin kecil regangan yang terjadi. Pengujian modulus elastisitas digunakan menggunakan mesin *Universal Testing Machine (UTM)* pada umur 7, 14, dan 28 hari.

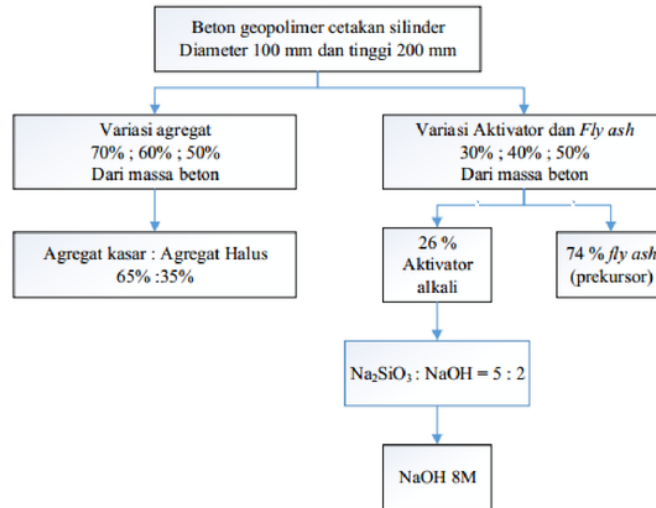
Benda uji dan *mix design*

8

Benda uji beton geopolimer silinder dengan diameter 100 mm dan tinggi 200 mm. Dengan 3 variasi yang berbeda. Perbedaan terdapat pada komposisi persentase agregat dengan aktivator. Diagram alir *mix design* beton geopolimer dapat dilihat pada Gambar 1 dan variasi benda uji pada tabel 3 dengan total benda uji 27 buah.

Tabel 3. Variasi benda uji

Umur Pengujian	35% Agregat	NaOH 8 M	Na_2SiO_3 : NaOH =	Jumlah benda uji (buah)
	Variasi agregat : persentase aktivator dan fly ash			
	70% : 30%	60% : 40%	50% : 50%	
7 Hari	3	3	3	9
14 Hari	3	3	3	9
28 Hari	3	3	3	9



Gambar 1. Komposisi perbandingan beton geopolimer

Keterangan :

1. [24] arnya molaritas NaOH dan perbandingan komposisi aktivator alkaline dengan *fly ash* ditentukan berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Adi et al. (2024).
2. Perbandingan antara NaOH dengan Na_2SiO_3 ditentukan berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Prasetyo et al. (2015).
3. Total agregat halus adalah 35% dari berat total agregat kasar berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Joseph dan Mathew (2012).
4. Secara keseluruhan, benda uji yang akan dibuat berjumlah 27 benda uji dengan jumlah variasi seperti diperlihatkan pada Tabel 3.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian unsur kimia material

Pengujian kandungan pada *fly ash* dan batu bauksit dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2. Persentase kandungan silika dan aluminium pada *fly ash* adalah 19,24% dan 17,62 % dan persentase kandungan silika dan aluminium pada batu bauksit adalah 18,77 % dan 27,55 %.

Hasil pengujian nilai slump

Hasil pengujian slump seperti diperlihatkan pada Tabel 4 sebagai berikut:

Tabel 4. Hasil pengujian nilai slump

Variasi Geopolimer	Nilai Slump (mm)
BG 70/30	60
BG 60/40	100
BG 50/50	190

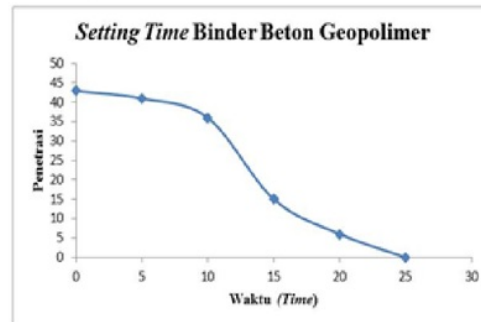
Berdasarkan Tabel 4 dapat disimpulkan bahwa semakin banyak jumlah aktivator pada beton geopolimer maka semakin tinggi nilai slump yang dihasilkan. Adukan beton dengan aktivator sebanyak 50% membuat beton menjadi lebih encer dan mudah dikerjakan, namun dapat membuat kuat tekan beton menurun.

Hasil pengujian setting time

Pengujian setting time pertama dilakukan pada binder beton geopolimer dan pengujian setting time kedua dilakukan pada agregat kasar batu bauksit dengan aktivator untuk mengetahui ikatan yang terjadi antara batu bauksit dengan aktivator tersebut.

Pengujian *setting time* binder geopolimer ¹⁶

Hasil pengujian *setting time* binder geopolimer dapat dilihat pada Gambar 2 sebagai berikut :

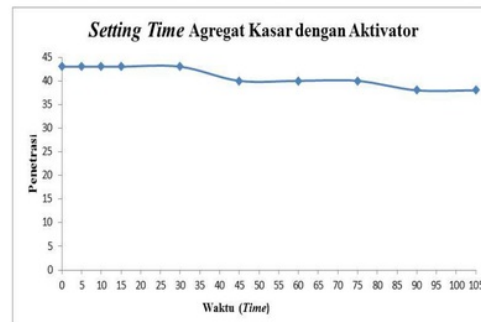


Gambar 2. Grafik *setting time* binder geopolimer

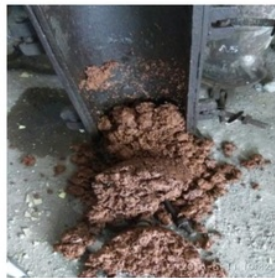
Gambar 2 menunjukkan bahwa nilai waktu ikat awal binder beton geopolimer adalah 13 menit setelah *fly ash* tercampur dengan aktivator dan waktu ikat akhir 25 menit. Pada pengujian *setting time* menunjukkan bahwa binder beton geopolimer mengalami *flash setting*. Menurut Herianto et al. (2017) bahwa *flash setting* merupakan kondisi dimana proses pengerasan atau *setting time* yang terjadi sangat cepat hanya beberapa menit setelah penambahan larutan alkali atau aktivator.

Pengujian *setting time* bauksit dengan aktivator ¹⁶

Hasil pengujian *setting time* binder geopolimer dapat dilihat pada Gambar 3 sebagai berikut :



Gambar 3. Grafik *setting time* campuran agregat kasar dengan aktivator



Gambar. 4 Campuran agregat kasar dan aktivator pada silinder selama 24 jam

Gambar 3 menunjukkan bahwa penetrasi antara agregat kasar (bauksit) dengan aktivator tidak mencapai nilai ikatan awal penetrasi yaitu 25 mm sehingga tidak terjadi ikatan antara agregat kasar (bauksit) dengan aktivator. Pada Gambar 4 memperlihatkan bahwa agregat kasar (bauksit) yang dicampur dengan aktivator yang tidak mengeras pada saat cetakan dibuka.

Hasil pengujian *setting time* menunjukkan bahwa *fly ash* dengan kandungan silika (SiO_2) 19,24% dan kandungan aluminium (Al_2O_3) 17,62% dapat digunakan sebagai bahan pengikat atau binder beton geopolimer, sedangkan agregat kasar (bauksit) dengan kandungan silika (SiO_2) 18,77% dan kandungan aluminium (Al_2O_3) 27,55% tidak dapat menjadi bahan pengikat atau binder pada beton geopolimer. Material yang bersifat pozolan mengandung silika dan alumina dapat digunakan sebagai bahan pengikat atau binder misalnya *fly ash*, metakaolin, dan abu sekam atau material vulkanik (Ekaputri dan Triwulan, 2013). Penelitian ini memunculkan fakta baru bahwa terdapat unsur lain pada material *fly ash* yang berfungsi sebagai pengikat atau binder pada beton geopolimer.

Hasil uji kuat tekan

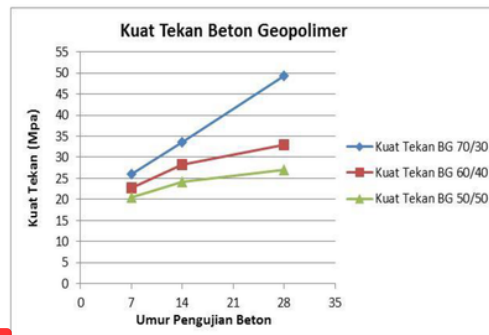
Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur beton 7, 14, dan 28 hari. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil uji kuat tekan

Kode Variasi	7 Hari		14 Hari		28 Hari	
	f'c(MPa)	Rerata(MPa)	f'c(MPa)	Rerata(MPa)	f'c	Rerata(MPa)
BG 70/30	24,736	26,077	32,827	33,645	48,516	49,342
	27,417		30,348		50,402	
	36,826*		37,759		49,109	
BG 60/40	36,109*	22,833	27,499	28,311	34,531	33,022
	25,335		28,483		31,547	
	20,331		28,952		29,987	
BG 50/50	20,726	20,419	25,360	24,146	26,804	27,069
	17,756		23,073		28,908	
	22,775		24,004		25,495	

* : tidak diperhitungkan

Catatan: Sesuai ketentuan SNI-1974 (2011), hasil kuat tekan tersebut sudah dikalikan dengan faktor koreksi sebesar 1,04 karena menggunakan benda uji silinder ukuran (100 mm × 200 mm).



Gambar. 5 Grafik hubungan kuat tekan beton geopolimer dengan umur pengujian

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan seperti tampak pada Gambar 5, diperoleh nilai kuat tekan beton geopolimer rata-rata pada 7 hari dengan perbandingan agregat dan aktivator adalah 70:30, 60:40, dan 50:50 berturut-turut adalah 25,07 MPa, 21,955 MPa, dan 19,633 MPa. Pada umur 14 hari dengan perbandingan agregat dan aktivator adalah 70:30, 60:40, dan 50:50 berturut-turut adalah 32,1108 MPa, 27,2225 MPa, dan 23,2169 MPa. Pada umur 28 hari dengan perbandingan agregat dan aktivator adalah 70:30, 60:40, dan 50:50 berturut-turut adalah 47,444 MPa, 30,79 MPa, dan 26,028 MPa. Kuat tekan pada umur beton 28 hari paling tinggi terjadi pada variasi agregat 70% yaitu sebesar 47,444 MPa. Hal ini terjadi karena batu bauksit yang cukup keras serta ikatan yang baik antara batu bauksit dengan mortar. Penelitian tersebut sesuai dengan penelitian yang pernah dilakukan oleh Saph and Mathew (2012) yang menggunakan agregat kasar dari batu kali diperoleh kuat tekan maksimal pada beton geopolimer dengan variasi agregat 70% pada umur beton 28 hari yaitu sebesar 56 MPa.

Hasil uji modulus elastisitas

Hasil pengujian modulus elastisitas benda uji dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil pengujian modulus elastisitas beton geopolimer

Kode Variasi	7 Hari	14 Hari	28 Hari
	Modulus Elastisitas (MPa)	Modulus Elastisitas (MPa)	Modulus Elastisitas (MPa)
BG 70/30	3130	17698	34743
BG 60/40	2631	7961	15690
BG 50/50	1689	5424	15497

Tabel 6 memperlihatkan bahwa modulus elastisitas maksimal pada umur beton 28 hari terjadi pada variasi campuran agregat 70% dan aktivator 30% yaitu sebesar 34.743 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa deformasi beton yang terjadi cukup kecil namun kenaikan kuat tekan beton yang cukup besar, sehingga akan memberikan nilai modulus elastisitas yang besar. Nilai modulus elastisitas terbesar terjadi pada variasi agregat 70%, hal ini sesuai dengan kuat tekan yang terbesar juga terjadi pada variasi agregat 70%.

4. KESIMPULAN

Memperhatikan hasil pengujian yang telah dilakukan tersebut di atas, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Kandungan silika (SiO_3) dan almunium (Al_2O_3) yang rendah tidak selalu menghasilkan kuat tekan beton yang rendah terbukti pada penelitian ini menggunakan *fly ash* dengan persentase massa silika (SiO_3) sebesar 19,24% dan persentase massa almunium (Al_2O_3) sebesar 17,62%.
2. Nilai waktu ikat awal binder beton geopolimer adalah 13 menit setelah *fly ash* tercampur dengan aktivator dan waktu ikat akhir adalah 25 menit, sehingga pada penelitian ini beton geopolimer mengalami *flash setting* atau pengerasan beton geopolimer yang terjadi sangat cepat.
3. Penetrasi batu bauksit dan aktivator menunjukkan bahwa campuran antara batu bauksit dengan aktivator tidak mengalami ikatan.
4. Penambahan aktivator pada beton geopolimer dapat meningkatkan nilai *slump* pada beton geopolimer.
5. Meningkatnya persentase agregat pada beton geopolimer, maka kuat tekan akan semakin meningkat. Pada penelitian ini kuat tekan maksimal terjadi pada campuran 70% agregat kasar : 30% aktivator yaitu sebesar 342 MPa.
6. Modulus elastisitas berbanding lurus dengan kuat tekan beton geopolimer. Semakin tinggi kuat tekan beton maka modulus elastisitas beton geopolimer juga semakin meningkat. Modulus elastisitas maksimal terjadi pada campuran 70% agregat kasar : 30% aktivator yaitu sebesar 34.743 MPa.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala dan Staf Laboratorium Struktur dan Bahan Bangunan, di Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta atas fasilitas alat yang telah disediakan sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan lancar. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada PT. Boyan Gemilang Batam dan Keluarga Alumni Universitas Atma Jaya Yogyakarta (KAMAJAYA) Cabang Batam yang telah mensuplai material batu bauksit dari Batam ke Yogyakarta untuk penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Adi, D., Rahman, F., Lie, H.A., Purwanto, 2018, Studi experimental pengaruh perbedaan molaritas aktivator pada perilaku beton geopolimer berbahan dasar *fly ash*, *Jurnal Karya Teknik Sipil*, vol.7, no.1, pp 89 - 98.
- ASTM C 618-94a., 1995, *Standard specification for fly ash and raw or calcined natural pozzolan for use as a mineral admixture in portland cement concrete*, ASTM Book of Standards, Part 04.02, ASTM, West Conshohocken, PA.
- Aziz, M., dan Azhari., 2014, Pembuatan bahan geopolimer berbasis residu bauksit untuk bahan bangunan, *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara*, vol. 10, no.1, pp. 32 – 43.
- Aziz, M., Mutaalim., Husaini., Wahyudi, A., Sarjono, 2009, Pengembangan pemanfaatan red mud limbah industri alumina skala bench, *Kelompok Litbang Teknologi Pengolahan Mineral*, Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara.

- Ekaputri, J.J., Risdanareni, P., Triwulan., Adiningtyas² 2007, Analisa sifat mekanik beton geopolimer berbahan dasar fly ash dan lumpur porong kering sebagai pengisi, *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sipil "Torsi"*, no.3. pp 33 – 45.
- Ekaputri, J.J., dan³¹Triwulan., 2013, Sodium sebagai aktivator fly ash, trass dan lumpur Sidoarjo dalam beton geopolimer, *Jurnal Teoritis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil*, vol.20, no.1. pp 1 – 10.
- Hardjito, D., Wallah, S.E., Sumajouw, D.M.J. and Rangan, B.V., 2004, Factors influencing the compressive strength of fly ash-based geopolimer concrete, *Jurnal Dimensi Teknik Sipil*, Vol. 6, No. 2, September, pp. 88-93.
- Hardjito, D. and Rangan, B.V., 2005, Development and properties of low-calcium fly ash-based geopolimer concrete, *Research Report GCI*, Curtin University²⁰ Technology, Perth, Australia.
- Herianto, J.G., Anastasia, E., Antoni, A., Hardjito, D., 2017, Pengaruh penambahan larutan asam terhadap setting time dan kuat tekan geopolimer berbahan dasar fly ash tipe C, *Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipil*, vol.6, no.1, pp.1-10
- Joseph, B and Mathew, G., 2012, Influence of aggregate content on the behavior of fly ash based geopolimer concrete, *Scientia Iranica*, Sharif University of Technology.
- Lianasari, A.E., Atmajayanti, A.T., Efendi, B.H., Sitindaon, N.P., 2014, Pengaruh penggunaan solid material abu terbang dan abu sekam pada kuat tekan¹⁹ beton geopolimer, *Konferensi Nasional Teknik Sipil 8*, Bandung.
- Lisantonio, A. dan Panjaitan D.H., 2009, Studi pengaruh curing time dan curing temperature terhadap kuat tekan dan modulus²⁵ elastisitas beton geopolimer berbasis abu terbang, *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil V-2009*, Program Pascasarjana, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, pp. G.1 – G.8.
- Lisantonio, A. and¹⁴atmoko, J.T., 2011, The compressive strength of baggase ash-based geopolimer concrete, *Proceeding of The 3rd International Conference of European Asian Civil Engineering Forum (EACEF)*, 20-22 September 2011, Universitas Atma Jaya Yogyakarta⁴arta., pp. B.156-B.160.
- Prasetyo, G.E., Trinugroho,S., Solikin, M., 2015, Tinjauan kuat tekan beton geopolimer dengan fly ash bahan¹⁰ pengganti semen, *Naskah Publikasi*, Surakarta.
- Sathia, R., Babu, K.G. and Santhanam, M., 2008, Durability study of low calcium fly ash geopolimer concrete, *The 3rd ACF International Conference-ACF/VCA*, pp. 1153-1159.
- SNI-03-6825, 2002, ¹⁸kode pengujian waktu ikat awal semen portland dengan menggunakan alat vicat untuk pekerjaan sipil, Badan Standardisasi Nasional (BSN).
- SNI-1974, 2011, Cara uji kuat tekan beton de²an benda uji silinder, Badan Standardisasi Nasional (BSN).
- Triwulan, Ekaputri, J.J. and Adiningtyas, T., 2007, Analisa sifat mekanik beton geopolimer berbahan dasar fly ash dan lumpur porong kering sebagai pengisi, *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sipil "Torsi"*, Nopember, pp. 33-45.
- Vijai et al., 2010, Influence of curing types on strength of geopolimer concrete, NBM Media Pvt. Ltd., [Http://www.nbmcw.com/artcles/concrete/admixture-additives](http://www.nbmcw.com/artcles/concrete/admixture-additives).

ORIGINALITY REPORT

22%

SIMILARITY INDEX

21%

INTERNET SOURCES

7%

PUBLICATIONS

5%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	anzdoc.com Internet Source	1%
2	arasy.dosen.narotama.ac.id Internet Source	1%
3	Nagalia, Gaurav, Yeonho Park, Ali Abolmaali, and Pranesh Aswath. "Compressive Strength and Microstructural Properties of Fly Ash–Based Geopolymer Concrete", Journal of Materials in Civil Engineering, 2016. Publication	1%
4	core.ac.uk Internet Source	1%
5	Talero, Rafael. "Expansive synergic effect of ettringite from pozzolan (metakaolin) and from OPC, co-precipitating in", Construction and Building Materials, March 2011 Issue Publication	1%
6	docobook.com Internet Source	1%

7	techno-press.org Internet Source	1%
8	www.scribd.com Internet Source	1%
9	dokumen.tips Internet Source	1%
10	Submitted to Universiti Malaysia Perlis Student Paper	1%
11	repositori.uin-alauddin.ac.id Internet Source	1%
12	id.123dok.com Internet Source	1%
13	jurnal.tekmira.esdm.go.id Internet Source	1%
14	www.itc.eu Internet Source	1%
15	arizona.openrepository.com Internet Source	1%
16	journal.stifar.ac.id Internet Source	1%
17	ml.scribd.com Internet Source	1%
18	Submitted to Politeknik Negeri Bandung Student Paper	1%

		1%
19	www.contohjurnal.net Internet Source	1%
20	publication.petra.ac.id Internet Source	1%
21	ejournal3.undip.ac.id Internet Source	1%
22	eproc.jogjakarta.go.id Internet Source	1%
23	sipil.ft.unand.ac.id Internet Source	<1%
24	Yurnadi ., Dwi Anita Suryandari, Nukman Moeloek. "PENGARUH PENYUNTIKAN DOSIS MINIMAL DEPOT MEDROKSIPROGESTERON ASETAT (DMPA) TERHADAP BERAT BADAN DAN KIMIA DARAH TIKUS JANTAN GALUR SPRAGUE-DAWLEY", MAKARA of Science Series, 2010 Publication	<1%
25	semnas.ce.its.ac.id Internet Source	<1%
26	edoc.site Internet Source	<1%

27	edepot.wur.nl Internet Source	<1%
28	repository.unika.ac.id Internet Source	<1%
29	repository.usu.ac.id Internet Source	<1%
30	repository.warmadewa.ac.id Internet Source	<1%
31	uad.portalgaruda.org Internet Source	<1%
32	www.majalahtambang.com Internet Source	<1%
33	eprints.ums.ac.id Internet Source	<1%
34	publikasiilmiah.ums.ac.id Internet Source	<1%
35	www.easysheds.ro Internet Source	<1%
36	repository.unhas.ac.id Internet Source	<1%
37	www.neliti.com Internet Source	<1%
38	kcp2tabalong.blogspot.com Internet Source	<1%

<1%

39 pt.scribd.com
Internet Source

<1%

40 pt.slideshare.net
Internet Source

<1%

Exclude quotes Off

Exclude matches < 8 words

Exclude bibliography On