

# PENGARUH KONDISI MATERIAL DENGAN AKTIVATOR POTASSIUM PADA BETON GEOPOLYMER DARI LIMBAH B3 FLY ASH BATUBARA TERHADAP KUAT TEKAN

Denie Chandra<sup>1)</sup>, Firdaus<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Program Studi Teknik K3, Universitas Indo Global Mandiri, Palembang.

<sup>2)</sup>Fakultas Teknik, Universitas Bina Darma, Palembang.

## Abstract

Generally, concrete is known as material that is composed by the main composition of coarse aggregate, fine aggregate, water and cement. Since the diminishing supply of cement, various studies have been conducted to find environmentally friendly materials as a substitute for cement. This study discusses fly ash-based geopolymer concrete, the result of coal burning at Bukit Asam Tanjung Enim PLTU, South Sumatra with potassium activator. This research was conducted to know the effect of potassium activator and material conditions, to the compressive strength of the 30 Mpa plan in geopolymer concrete through testing in the laboratory of the Civil Engineering Faculty of Bina Darma University of Palembang by making 18 cylindrical test specimens with diameter 100 mm x 200 mm, with fly ash and Pottasium activators . Test specimens were made using aggregate material conditions in Saturated Surface Dry (SSD) and oven dry at 60° C with 1 hour, with the treatment of cylindrical objects with room temperature until the time the test specimens will be tested.

This research product is a behavioral graph relationship of SSD and oven dry conditions on gopolymer concrete material in receiving compressive load with the Pottasium activator.

From this graph it can be seen that, with the condition oven dry material the fly ash and activator pottasium, it is stronger in accepting compressive loads with a compressive strength value of  $f_c$  30 Mpa.

*Key Words : Aktivator, Beton geopolymer, Fly ash, Kuat Tekan, Kondisi material.*

## 1. PENDAHULUAN

Pada umumnya beton dikenal sebagai material yang tersusun dari komposisi utama batuan (*agregat*), air, dan semen portland (*biasa disebut semen*). Beton sangat populer dan digunakan secara luas, karena bahan pembuatnya mudah didapat, harganya relatif murah dan teknologi pembuatannya relatif sederhana. Hal ini menjadikan beton sebagai material yang paling banyak digunakan manusia setelah air, menurut *Metha (1997)* konsumsi beton sekitar 8,8 juta ton setiap tahun, dan kebutuhan material ini akan terus meningkat dari tahun ke tahun seiring dengan meningkatnya kebutuhan sarana dan prasarana dasar manusia.

Namun akhir – akhir ini beton tersebut makin sering mendapatkan kritik, khususnya dari kalangan yang peduli dengan kelestarian lingkungan hidup, karena emisi gas rumah kaca (karbon dioksida) yang dihasilkan pada proses produksi semen. Untuk produksi satu ton semen, gas rumah kaca yang dihasilkan sebesar lebih kurang satu ton juga. Secara keseluruhan, produksi semen dunia memberikan kontribusi 1,6 juta ton karbon dioksida atau sekitar 7% dari pelepasan CO<sub>2</sub> ke atmosfer (*Metha,2001; Malhotra, 1999;2002*).

Oleh karena itu telah dilakukan penelitian oleh peneliti sebelumnya untuk mendapatkan beton yang ramah lingkungan, dan salah satunya adalah mengganti Semen Portland dengan berbagai material hasil produksi sampingan

(*by-product material*) dari berbagai industri, yang antara lain menggunakan fly ash atau abu terbang (Davidovits, 1994). Abu terbang (*fly ash*) merupakan salah satu material hasil sampingan (*by-product*) industri yang dapat digunakan untuk membuat bahan pengikat (*binders*) pada beton geopolymer. Fly ash hasil dari pembakaran batu bara pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) ini banyak digunakan sebagai bahan tambahan untuk memperbaiki kinerja beton sebagaimana yang telah dilakukan penelitian oleh peneliti sebelumnya. Karena abu terbang dapat meningkatkan kinerja beton, material ini sudah dikenal secara luas sebagai bahan yang digunakan tersendiri sebagaimana diuraikan pada ASTM C 595, kelas F atau kelas C, atau dicampur dengan semen (ASTM C 595 atau C 1157).

Bermula dari penelitian geopolymer pertama kali diperkenalkan oleh Davidovits pada tahun 1978, geopolymer merupakan bahan pengikat yang berasal dari bahan alami yang mengalami reaksi polimerisasi dalam proses pengerasan yang memiliki kandungan oksida dan alumina tinggi. Kebutuhan akan tingginya kandungan oksida silika dan alumina dikarenakan merupakan bahan utama yang akan mengalami proses polimerisasi yang menghasilkan binder atau pengikat dalam beton geopolymer.

Seiring waktu penelitian beton geopolymer terus berkembang seperti yang dilakukan oleh Mariani, Sampebulu dan Ahmad pada tahun 2009, tentang pengaruh penambahan admixture terhadap karakteristik self compacting concrete. Pada penelitian ini ingin diketahui pengaruh penambahan admixture kimia superplasticizer Mighty 150 S dan retarder Conplast Dessue Possolit terhadap karakteristik SCC. Superplasticizer diberikan dalam 3 variasi kadar (1,5%, 2,0%, 2,5%) dengan mengurangi kadar air campuran. Metode pengujian SCC dengan Slump-Cone Test pada kondisi segar dan tes kuat tekan pada umur 3, 7, dan 28 hari. Hasil penelitian menunjukkan keadaan self-compactibility SCC tercapai pada semua kadar superplasticizer yang diberikan. Tingkat

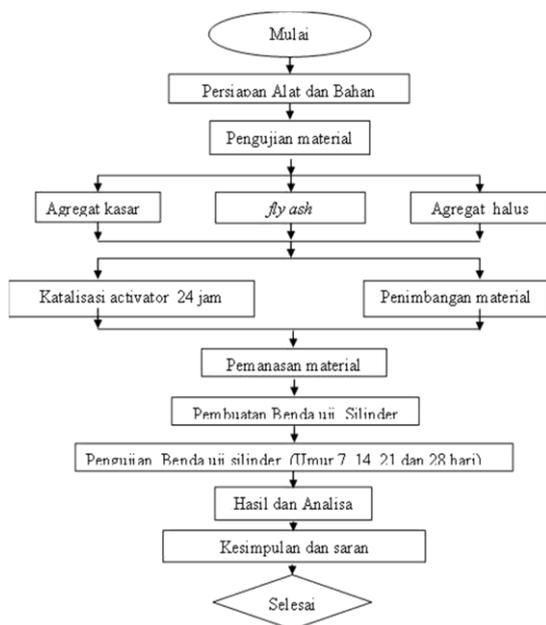
kelecekan aliran (*workabilitas*) SCC meningkat sesuai penambahan kadar superplasticizer, dan sebaliknya, kekuatan tekan SCC menurun sesuai penambahan kadar superplasticizer. Kondisi optimal SCC tercapai pada kadar 1,5% superplasticizer.

Penelitian M.I Abdul Aleem dan P.D. Arumailraj pada tahun 2012, melakukan desain mix pada beton geopolymer dengan perbandingan (1:1,5:3,3), yang terdiri dari proporsi fly ash 1, pasir 1,5 dan Agregat 3,3. Dengan rasio molaritas 10 pada campuran aktivator (*NaOH dan Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>*). Diambil 0,35 dari berat fly ash, perawatan beton dilakukan dengan cara disteam dengan suhu 60°C selama 24 jam. Dari penelitian tersebut didapat kuat tekan pada umur beton 28 hari mencapai 53,33 Mpa.

Penelitian mortar beton geopolymer dengan tingkat kehalusan fly ash tipe F dari PLTU Tanjung Enim berdasarkan zonasi jatuhnya fly ash, dengan cara menerbangkan fly ash menggunakan alat modifikasi (Firdaus, 2012;2015). Pada penelitian tersebut menggunakan campuran aktivator (*NaOH dan Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>*) diambil 0,25 – 0,45 dari berat fly ash. Kuat tekan mortar geopolymer pada umur 28 hari mencapai 28,5 Mpa pada Zona 5 dengan rasio aktivator sebesar 0,45.

## 2. METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Beton Universitas Bina Darma yang terletak di Jl. Jenderal A. Yani, Silaberanti Kota Palembang Sumatera Selatan. Rencana kegiatan penyusunan penelitian ini dapat digambarkan ke dalam bagian alir seperti gambar 2.1.



Gambar 2.1. Bagan Alir Metodologi Penelitian

## 2.1 Pembuatan benda uji

### 2.1.1 Perencanaan campuran beton

Perencanaan campuran beton geopolymer yang dipakai pada pembuatan benda uji pada penelitian ini merujuk pada penelitian sebelumnya, campuran yang optimum pada pembuatan beton geopolymer (M.I.A Aleem dan P.D. Arumailraj,2012). dengan desain mix formula fly ash : pasir : agregat (1:1,5:3,3 ). yang dibedakan pada berat dari aktivatornya berdasarkan desain mix formula dari Firdaus,2017. Dapat dilihat pada tabel 3.2 di bawah ini :

Tabel 2.1 Desain Mix Formula Beton Geopolymer (Firdaus, 2017)

Material	Kg/m <sup>3</sup>
Fly ash (Class f)	408,00
Fine Agregat	612,00
Coarse Agregat (20 mm in size)	1346,40
Sodium Silicate Solution	103,00
Sodium Hidroxide Solution (NaOH)	42,10

Merujuk pada penelitian di atas maka pada penelitian ini dilakukan pembuatan benda uji silinder, sampai didapatkan nilai kuat tekan rencana dengan mutu beton  $f_c'30$  Mpa.

### 2.1.2 Pengecoran

Sebelum melakukan pengecoran, Bahan campuran beton geopolymer disiapkan dan ditimbang sesuai dengan desain mix formula adapun tahap pencampuran sebagai berikut :

- lakukan terlebih dahulu katalisasi dari bahan sodium hidroxide/kalium hidroxide dengan air selama waktu 24 jam.
- Campurkan sodium silikat dengan hasil katalis di atas dengan cara diaduk sampai rata menggunakan sedok talem.
- Panaskan terlebih dahulu agregat kasar, agregat halus, fly ash sesuai zona yang akan dibuat dan hasil campuran sodium silikat dengan sodium hidroxide/kalium hidroxide pada suhu 40°C selama 2 jam.
- Campurkan fly ash dengan agregat halus sampai rata, setelah rata masukan cairan katalyst tadi dan di mixer dengan alat hand mixer kecepatan 300 -700 Rpm. Sampai campuran mortar mencapai kelecakan yang diinginkan.
- Campurkan agregat kasar dengan campuran mortar di atas dan di aduk kembali dengan hand mixer sampai merata, masukan superplastizer dan aduk beberapa saat.
- Masukan campuran diatas ke dalam cetakan silinder beton geopolymer dan dipadatkan dengan cara di tusuk-tusuk dengan besi tumpul dan digetarkan dengan vibrator table.
- Setelah selesai pematatan di atas benda uji didiamkan selama 24 jam, baru diangkat dari meja vibrator ke tempat yang sudah level dan disiapkan.

### 2.1.3 Perawatan

Perawatan benda uji silinder beton geopolymer dilakukan pada suhu ruangan setelah berumur 7, 14, 21 dan 28 hari, baru dikeluarkan dari cetakan silinder, dan dilakukan pengujian kuat tekan beton geopolymer. Pengujian dilakukan di laboratorium Teknik Sipil Universitas Bina Darma Palembang.

## 2.2 Instrumentasi

Instrument (*alat*) yang digunakan pada pengujian silinder beton geopolimer dalam penelitian ini adalah *UTM (Universal Testing Machine)*, merupakan alat pemberi beban tekan.

## 2.3 Pengujian Benda Uji

### 2.3.1 Kekuatan Tekan

Benda uji yang digunakan adalah silinder beton berukuran diameter 100 mm dan tinggi 200 mm dan silinder diameter 75 mm dan tinggi 150 mm. Alat untuk pengujian tekan yang digunakan adalah *Universal Testing Machine*. Prosedur pengujian menggunakan standar ASTM C39-86 (*Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*). Dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Bina Darma Palembang. Beban yang bekerja akan terdistribusi secara merata melalui titik berat penampang sepanjang sumbu memanjang dengan tegangan sebesar :

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Hasil Pengujian Material Pembentuk Campuran Beton Geopolymer

Pengujian kualitas dan perilaku material dalam campuran beton geopolimer ini terdiri atas fly ash natural, agregat kasar dan agregat halus. Fly ash yang digunakan dalam penelitian ini dari limbah hasil pembakaran batubara PLTU Bukit Asam Tanjung Enim Sumatera Selatan.

#### 3.1.1 Pengujian fly ash

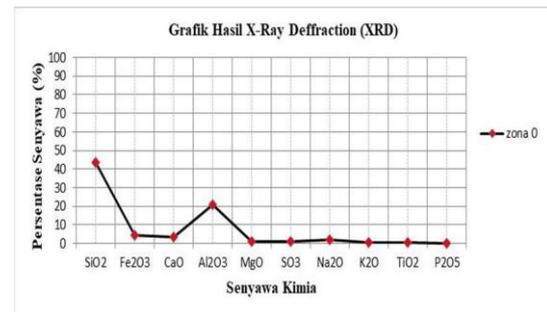
Pengujian material fly ash batubara dilaksanakan di laboratorium Balai Pengujian keramik Bandung, pemeriksaan fly ash ini dengan metode X-Ray Fluorescence (XRF) yang berguna untuk mengetahui kandungan mineral yang ada pada fly ash dan pengujian X-Ray Deffraction (XRD) untuk mengetahui unsur mineral alumina dan relative komposisi material fly ash yang digunakan. Adapun hasil

pengujian X-Ray Deffraction (XRD) fly ash dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 3.1 Hasil Pengujian X-Ray Deffraction (XRD)

Oxides	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	SO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Natural (%)	43,61	4,59	3,63	20,75	1,00	0,96	2,01	0,51	0,68	0,18

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium Balai Keramik Bandung



Gambar 3.1 Grafik Analisa Kandungan mineral fly ash

### 3.1.2 Pengujian Agregat Kasar

Pada penelitian ini pengujian yang dilakukan pada agregat kasar dapat di lihat pada tabel 4.2 di bawah ini :

- Pengujian analisa saringan agregat kasar batu 1-1 Ex. Lahat Sumatera Selatan. (SNI-ASTM C136:2012)

Tabel 3.2 Hasil pengujian analisa saringan agregat kasar

Nomor Saringan	Berat Tertahan Individu (gram)	Berat Tertahan Kumulatif (gram)	Tertahan (%)	Lolos (%)
3/4"	0	0	0	100.00
1/2"	81	81	6.27	93.73
3/8"	846	927	71.75	28.25
No. 4	365	1292	100.00	0.00
No. 8	-	-	-	-
No. 16	-	-	-	-
No. 30	-	-	-	-
No. 50	-	-	-	-
No. 100	-	-	-	-
No. 200	-	-	-	-

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium



Gambar 3.2 Grafik analisa saringan aggregate kasar

b. Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar (AASHTO T.85-74)

Pengujian ini untuk mengetahui berat jenis agregat kasar yang akan digunakan, hasil pengujian dapat di lihat pada tabel 4.3 di bawah ini :

Tabel 3.3 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar

Kode	A	B	Satuan
Berat Benda uji Kering Oven	Bk 2500	2500	Gram
Berat Benda uji Kering Permukaan Jenuh (SSD)	Bj 2553	2552	Gram
Berat Benda Uji didalam Air	Ba 1565	1564	Gram

Kode		A	B	Rata-rata	Satuan
Berat Jenis (Bulk)	$\frac{v_2}{(v_1 - v_2)}$	2.530	2.530	2.530	-
Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (SSD)	$\frac{v_2}{(s_2 - v_2)}$	2.584	2.583	2.584	-
Berat Jenis Semu (Apparent)	$\frac{v_2}{(v_1 - v_2)}$	2.674	2.671	2.672	-
Penyerapan (Absorption)	$\frac{v_2 - v_1}{v_1} \times 100\%$	2.120	2.080	2.100	%

Sumber : Hasil Pengujian Laboratotium

Dari tabel di atas untuk nilai berat jenis (*Bulk*) rata-rata adalah sebesar 2.530, berat jenis kering permukaan (*SSD*) 2.584, berat jenis semu rata-rata 2.672 dengan penyerapan air agregat sebesar 2.100%, untuk itu memenuhi spesifikasi.

3.1.3 Pengujian Agregat Halus

a. Pengujian analisa saringan agregat halus (SNI-ASTM C136:2012), bertujuan untuk memperoleh besaran atau jumlah persentase butiran agregat halus (*pasir*), hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 3.4 dan grafik 3.3 di bawah ini :

Tabel. 3.4 Hasil Analisa Saringan Agregat Halus

Nomor Saringan	Berat Tertahan Individu (gram)	Berat Tertahan Kumulatif (gram)	Tertahan (%)	Lolos (%)
3/8"	0.00	0.00	0.00	100.00
No. 4	11.59	11.59	1.05	98.95
No. 8	33.80	45.39	4.11	95.98
No. 16	357.00	402.39	36.46	63.54
No. 30	408.00	810.39	73.43	26.57
No. 50	196.50	1006.89	91.24	8.76
No. 100	78.60	1085.49	98.36	1.64
No. 200	9.10	1094.59	99.18	0.82

Sumber : Hasil Pengujian Laboratotium



Gambar 3.3 Hasil analisa saringan agregat halus (*pasir*)

b. Pengujian berat jenis agregat halus

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui rasio antara massa padat agregat dan massa air dengan volume sama pada suhu, sedangkan penyerapan adalah kemampuan agregat untuk menyerap air dalam kondisi kering sampai dengan kondisi jenuh permukaan (*SSD*). Hasil pengujian berat jenis dapat dilihat pada tabel 3.5 di bawah ini :

Tabel 3.5 Pemeriksaan berat jenis agregat halus (AASHTO T.84-74)

Kode	A	B	Satuan		
Berat Benda uji Permukaan Jenuh (SSD)	500	500	Gram		
Berat Benda uji Kering Oven	Bk 487.4	487.5	Gram		
Berat Piknometer + air (25°C)	B 689.5	583.5	Gram		
Berat Piknometer + air (25°C) + Benda Uji	Bt 1565	1564	Gram		
Kode	A	B	Rata-rata	Satuan	
Berat Jenis (Bulk)	$\frac{v_2}{(v_1 + 500 - v_2)}$	2.499	2.500	2.500	-
Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (SSD)	$\frac{500}{(s_2 + 500 - v_2)}$	2.564	2.564	2.564	-
Berat Jenis Semu (Apparent)	$\frac{v_2}{(v_1 + 500 - v_2)}$	2.672	2.671	2.672	-
Penyerapan (Absorption)	$\frac{500 - v_1}{v_1} \times 100\%$	2.585	2.564	2.575	%

Sumber : Hasil Pengujian Laboratotium

Dari hasil penelitian di atas dapat dijelaskan bahwa berat jenis didapat sebesar 2.500 dan memenuhi spesifikasi minimal, nilai berat jenis kering permukaan jenuh sebesar 2.564 dan berat jenis semu 2.672, sedangkan nilai penyerapan sebesar 2.575%, hasil ini memenuhi spesifikasi.

### 3.2 Kuat Tekan Beton Geopolymer

Data hasil uji kuat tekan di dapat dari rata-rata pengujian silinder untuk beton geopolymer berbagai umur (7 hari, 14 hari dan 28 hari). Hasil kuat tekan beton geopolymer berdasarkan desain campuran dengan kondisi material agregat kasar dan halus dalam kondisi SSD dan kondisi kering oven dapat dilihat pada tabel. 3.6 dan tabel. 3.7 di bawah ini :

Tabel 3.6 Kuat tekan beton geopolymer (agregat kondisi SSD)

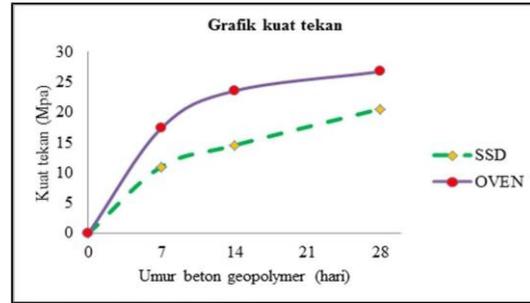
Kode Benda Uji	No. Benda Uji	Luas Penampang (mm <sup>2</sup> )	Berat (Kg)	Volume (m <sup>3</sup> )	Berat Isi (Kg/m <sup>3</sup> )	Hasil Uji Tekan		
						Umur 7 Hari	Umur 14 Hari	Umur 28 Hari
						Mpa	Mpa	Mpa
P-Z0-M10-AC.05	I	7850	3.670	1.570	2.301	10.70	13.38	20.38
	II		3.570			10.96	15.67	19.75
	III		3.600			11.46	14.65	21.66

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium

Tabel 3.7 Kuat tekan beton geopolymer (agregat kondisi kering oven)

Kode Benda Uji	No. Benda Uji	Luas Penampang (mm <sup>2</sup> )	Berat (Kg)	Volume (m <sup>3</sup> )	Berat Isi (Kg/m <sup>3</sup> )	Hasil Uji Tekan		
						Umur 7 Hari	Umur 14 Hari	Umur 28 Hari
						Mpa	Mpa	Mpa
P-Z0-M10-AC.05	I	7850	3.170	1.570	2.055	17.21	23.30	26.48
	II		3.283			17.66	23.92	27.17
	III		3.224			17.32	23.46	26.65

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium



Gambar 3.4 Hasil pengujian kuat tekan beton geopolymer.

## 4. KESIMPULAN

Dari pengujian yang dilakukan dapat disimpulkan untuk kuat tekan beton geopolymer dengan material kondisi kering oven lebih tinggi dibandingkan kondisi material SSD pada beton konvensional, dan mutu beton  $f_c$  30 Mpa belum terpenuhi oleh karena itu perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk mendapatkan mutu beton geopolymer dengan nilai  $f_c$  30 Mpa.

## REFERENSI

- Aleem, M.I.A, Arumairaj, P.D, (2012), *Optimum Mix for Geopolymer Concrete*, Indian Journal Of Science and Technology, Volume 5, Number 3 Davidovits, J (1988) “ *Soft Mineralurgy and Geopolymer* “ in *Proceeding of geopolymer 88 International Conference*, the Universite de technologie, Compiegne, France.
- Davidovits, J (1994) “ *Hight Alkali Cement for 21<sup>st</sup> Century Concretes, in Concrete Technology, Past, Present and Future.*” In *Proceedings of V. Mohan malhotra Symposium*, 1994. Editor; P.Kumar Metha, ACI SP-144.PP.383-397
- Davidovits, J. (2008), *Geopolymer Chemistry and Application Geopolymer Institute*
- Firdaus dan Yunus Ishak, (2015) *Pemanfatan limbah flyash dalam rekayasa mortar dan beton geopolimer berdasarkan kehalusan flyash dan jenis activator.*

- Malhora D.R. *Strenght of Materials*, 2001, Prentice Hall Inc.
- Metha, P.K. (2001) “ *Reducing the Enviromental impact of concrete*” ACI Concrete International, Vol 19;PP. 27-33.
- Sumajouw,D. M. J. Hardjito, D. Wallah, S.E. & Rangan, B.V., 2005c.’ *Fly ash – Based Geopolymer Concrete Beams*’ in proceeding of ASEC 2005. *Australian Structural Engineering Conference*, Newcastle, Australia.