



## PENGUNAAN ABU SEKAM PADI SEBAGAI PENGGANTI SEMEN PADA BETON GEOPOLIMER

Yoga Sandya<sup>1</sup>, Prihantono<sup>2</sup>, Sittati Musalamah<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Universitas Negeri Jakarta

Surrel :yogasandya.ys@gmail.com

Diterima :10 November 2019; Disetujui :25November 2019

### ABSTRAK

Beton geopolimer adalah beton yang material utamanya mengandung bahan yang bersifat pozzolan. Pozzolan adalah bahan yang mengandung senyawa Silika dan Alumina. Dengan bentuknya yang halus, pozzolan dapat direaksikan dengan alkali aktivator. Prekursor atau material alternatif pengganti semen sebagai bahan pengikat dalam beton geopolimer biasanya menggunakan abu terbang (fly ash), abu sekam padi (RHA), ampas tebu, cangkang telur dan lain – lain, yang banyak mengandung silikon dan aluminium. Sebagai aktivator pada umumnya digunakan natrium hidroksida (NaOH) dan sodium silikat ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ). Material alternatif pengganti semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah abu sekam padi. Abu sekam padi dapat digunakan sebagai alternatif pengganti semen dikarenakan abu sekam padi bersifat pozzolan dan mengandung Silika sekitar 87-97%. Zat kimia tersebut adalah zat yang terdapat pada semen. Abu sekam padi pada penelitian ini akan dibakar hingga suhu  $\pm 800^\circ\text{C}$ . Alkali aktivator yang digunakan adalah natrium hidroksida (NaOH) dan sodium silikat ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ) dengan perbandingan 65% : 35%; 70% : 30%; dan 75% : 25% dari berat prekursor. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung kebutuhan *mix design* dari beton geopolimer menggunakan SNI 03-2834-2000 tentang tata cara pembuatan rencana campuran beton normal

**Kata Kunci:** Geopolimer,  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ , NaOH, Prekursor, RHA

### ABSTRACT

*Geopolymer concrete is a concrete with main materials containing pozzolanic properties. Pozzolan is an ingredient that contains silica and alumina compounds. With its smooth shape, pozzolan can be reacted with an alkaline activator. Precursors or alternative materials to replace cement as a binder for geopolymer concrete typically use fly ash, rice husk ash, sugarcane bagasse, egg shells, and other materials that contains a lot of silicon and aluminium. Materials such as sodium hydroxide (NaOH), and sodium silicate ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ) are generally used as activators. The alternative ingredient used as replacement for cement used in this study is rice husk ash. Rice husk ash can be used as an alternative replacement for cement because rice husk ash is pozzolanic and contains about 87-97% of silica. These chemical substances are generally found in cement. In this study, the rice husk ash is burned with temperatures up to  $\pm 800^\circ\text{C}$ . Alkaline activators used in this study are sodium hydroxide (NaOH), and sodium silicate ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ) with a ratio of 65% : 35%; 70% : 30%; and 75% : 25% by the precursors weight. This study aims to calculate the mix design using SNI 03-2834-2000 about the procedures for making a normal concrete mix design.*

**Keywords:** Geopolimer,  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ , NaOH, Prekursor, RHA

### 1. Pendahuluan

Saat ini Indonesia tengah mengejar ketertinggalan pembangunan infrastruktur dalam beberapa tahun terakhir. Proyek – proyek infrastruktur di berbagai penjuru tanah air mulai dibangun secara serentak, mulai dari jalan tol, jembatan, bendungan hingga pembangkit listrik. Dengan meningkatnya jumlah pembangunan infrastruktur, maka akan

terjadi peningkatan kebutuhan penggunaan beton.

Peningkatan kebutuhan penggunaan beton mengakibatkan produksi semen akan meningkat, mengingat semen adalah bahan utama dalam pembuatan beton. Pada proses produksi semen, akan terjadi emisi  $\text{CO}_2$  ke udara yang akan berdampak pada kesehatan lingkungan. Untuk mengurangi dampak tersebut, maka dicarilah material lainnya

sebagai pengganti semen untuk digunakan dalam pembuatan beton.

Saat ini sudah banyak dilakukan pengembangan beton dengan menggunakan bahan pengikat anorganik seperti alumina-silikat *polymer* atau biasa disebut dengan geopolimer. Geopolimer sendiri merupakan sintesa bahan - bahan alam non-organik lewat proses polimerisasi. Davidovits dalam jurnal Kusuma (2014) menjelaskan, bahan dasar untuk pembuatan material geopolimer ini adalah bahan - bahan yang banyak mengandung unsur - unsur silika (Si) dan alumina (Al).

Beton geopolimer adalah beton yang material utamanya mengandung bahan yang bersifat pozzolan. Pozzolan adalah bahan yang mengandung senyawa Silika dan Alumina. Dengan bentuknya yang halus, pozzolan dapat direaksikan dengan alkali aktivator (Erwan, 2018). Material alternatif pengganti semen sebagai bahan pengikat dalam beton geopolimer biasanya menggunakan abu terbang (*fly ash*), abu sekam padi (*rice husk ash*), ampas tebu, cangkang telur dan lain - lain, yang banyak mengandung silikon dan aluminium (Davidovits dalam jurnal Salwatul, 2017). Sebagai aktivator pada umumnya digunakan natrium hidroksida (NaOH) dan sodium silikat ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ).

Pada penelitian ini bahan pengganti semen yang digunakan berupa abu sekam padi (RHA). Sekam padi saat ini sudah mulai dikembangkan sebagai bahan baku untuk menghasilkan abu yang dikenal di dunia sebagai RHA (*Rice Husk Ash*). Penggunaan RHA secara umum adalah sebagai pupuk untuk tanaman dan juga sebagai bahan campuran beton, karena abu sekam padi ini mengandung silika yang tinggi. Abu sekam padi mengandung silika sekitar 87-97% (Mehta, 2018). Dilihat dari kandungan senyawa diatas, abu sekam padi dapat digunakan sebagai pozzolan karena mengandung  $\text{SiO}_2 + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$  lebih dari 70% sesuai mutu pozzolan yang disyaratkan.

Pada dasarnya abu sekam padi tidak memiliki kemampuan mengikat seperti halnya semen. Penambahan air dan aktivator (sodium silikat dan natrium hidroksida) akan mengakibatkan adanya reaksi kimia antara oksida silikat yang dikandung oleh abu sekam padi dengan sodium silikat dan sodium hidroksida. Dari reaksi kimia tersebut, senyawa silikat alumino anorganik yang terdapat dalam abu sekam padi dengan penambahan aktivator (sodium silikat dan sodium hidroksida) akan memiliki kemampuan mengikat seperti halnya semen portland. Dari penelitian ini diharapkan

dapat diperoleh suatu mixdesign yang tepat untuk pembuatan beton.

## **2. Kajian Pustaka**

### **2.1 Geopolimer**

Geopolimer adalah sebuah senyawa silikat alumino anorganik yang disintesiskan dari bahan-bahan yang banyak mengandung silika dan aluminium seperti *fly ash*, abu sekam padi, abu tebu, dan lain-lain (Lisanton, 2010). Geopolimer pertama kali dikenalkan oleh Prof. Joseph Davidovits. Bahan dasar utama yang diperlukan dalam pembuatan material geopolimer ini adalah bahan - bahan yang banyak mengandung unsur-unsur Silika dan Alumina.

### **2.2 Beton Geopolimer**

Beton geopolimer (*geopolymer concrete*) adalah beton dengan material dari bahan alami sebagai pengikat. Material pengikat tersebut mengalami reaksi polimerisasi dalam proses pengerasannya. Bahan dasar utama pembuatan beton geopolimer adalah bahan yang banyak mengandung silika (Si) dan alumina (Al) (Salwatul, 2017). Material beton ini tersusun dari sintesa bahan-bahan alam non organik melalui proses polimerisasi, diantaranya banyak terdapat pada material buangan hasil sampingan industri, seperti abu sekam padi (RHA), abu terbang (*fly ash*), cangkang telur, *silica fume*. Beton geopolimer dibuat tanpa menggunakan semen sebagai bahan pengikat, dan sebagai pengganti digunakan material yang banyak mengandung silika dan alumina yang dapat beraksi dengan cairan alkalin untuk menghasilkan bahan pengikat (*binder*). Silika dan alumina akan bereaksi dengan bantuan cairan sodium silikat dan sodium hidroksida untuk mengikat agregat, pasir dan material lainnya menjadi beton geopolimer (Kusuma, 2014).

### **2.3 Prekursor**

Prekursor adalah bahan utama perekat dalam pembentukan geopolimer yang berasal dari material alami atau limbah industri. Proses pembentukannya (sintesa) terdiri dari proses aktivasi bahan alumina-silika oleh ion alkali dan proses curing untuk mendorong terjadinya polimerisasi monomer alumina-silika menjadi jaringan 3 dimensi (Nugrahanto, 2017).

Prekursor bisa berasal dari bahan yang mengandung senyawa alumina dan silika yang tinggi. Jenis prekursor yang digunakan untuk penelitian ini adalah berasal dari limbah sekam padi yang sudah berbentuk abu. Selain menggunakan abu sekam padi, bahan lain yang

bisa dijadikan prekursor adalah fly ash, abu cangkang telur, lumpur merah, yang mengandung silika (Si), alumina (Al), dan oksigen (O) (Anastasia, 2017)

#### 2.4 Alkali Aktivator

Alkali aktivator adalah bahan kimia yang digunakan untuk mereaksikan kandungan silika (Si) dan alumina (Al) yang terdapat pada prekursor, sehingga dapat menghasilkan ikatan polimerisasi yang kuat dalam pembentukan beton geopolimer. Alkali aktivator yang umum digunakan dalam geopolimer adalah kombinasi dari natrium hidroksida atau kalium hidroksida dan natrium silikat atau kalium silikat (Kusuma, 2014).

Sodium silikat berfungsi untuk mempercepat reaksi polimerisasi, sedangkan natrium hidroksida berfungsi untuk mereaksikan unsur-unsur Al dan Si yang terkandung dalam prekursor sehingga menghasilkan ikatan polimer yang kuat (Nugrahanto, 2017).

#### 2.5 Sekam Padi

Tanaman padi adalah tanaman yang masuk kedalam jenis rumput – rumputan (Graminae) yang memiliki nama latin *oryza sativa*. Sampai saat ini padi masih merupakan kebutuhan pokok bagi masyarakat di Indonesia. Produksi padi gabah kering giling (GKG) selama Januari – Desember 2018 mencapai 56,54 juta ton, dimana dapat menghasilkan sekam padi sebanyak 20% - 25% dari berat keseluruhan.

Sekam padi adalah limbah dari hasil penggilingan padi, karena butirnya tidak begitu halus ( $\pm 3$  mm) dan bobotnya ringan, penyimpanan limbah ini memerlukan tempat yang luas. Kulit padi (sekam) adalah salah satu bahan/material sisa dari proses pengolahan padi yang sering dianggap sebagai limbah. Tingginya tingkat konsumsi beras sebagai makanan pokok dan meningkatnya produksi padi dapat memberikan perkiraan makro akan jumlah material tersebut dari tahun ke tahun.

#### 2.6 Abu Sekam Padi

Abu sekam padi adalah produk sampingan pertanian yang dihasilkan dengan membakar sekam padi. Abu sekam padi ini bisa digunakan sebagai pupuk untuk tanaman dan juga sebagai bahan campuran beton, karena abu sekam padi ini mengandung silika yang tinggi. Abu sekam padi memiliki kandungan silika yang tinggi karena tanaman padi menyerap silika dari tanah dan menyimpannya dalam biji-bijian dan sekam yang menutupi biji-bijian (Mohseni, dkk, 2019).

Sekam padi yang dibakar pada temperature 600 – 900°C akan menghasilkan abu sekam berkisar 16-25% yang mengandung silika kadar tinggi sekitar 87-97%. Karena kandungan silika yang tinggi, abu sekam padi dapat digunakan sebagai bahan dasar industri seperti silica gell, gelas, keramik, semen, industri farmasi, kosmetik dan detergen. Abu sekam padi yang dibakar dengan suhu berkisar 400 – 500°C akan menjadi silica amorphous sedangkan abu sekam padi yang dibakar dengan suhu lebih dari 1000°C akan menghasilkan silika kristalin (Musbar, 2010).

### 3. Metodologi Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen, dimana untuk mendapatkan data atau hasil penelitian yang menghubungkan variabel – variabel yang diteliti harus mengadakan suatu percobaan. Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium Bahan Bangunan Universitas Negeri Jakarta.

#### 3.1 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data penelitian ini diambil dari hasil perhitungan *mix design* berdasarkan SNI 03-2834-2000 tentang tata cara pembuatan rencana campuran beton normal. Perbedaan rancangan campuran beton normal dengan beton geopolimer adalah pada modifikasi kebutuhan semen. Modifikasi yang dilakukan untuk beton geopolimer adalah menggantikan jumlah semen yang diperlukan dengan prekursor dan alkali aktivator yang digunakan untuk mengaktifkan prekursor.

#### 3.2 Teknik Analisis Data

Teknik analisis data adalah hasil dari perhitungan *mix design* beton geopolimer yang dibuat dalam bentuk tabel. Setelah selesai pengujian, kemudian dilakukan analisis data hasil pengujian bahan penyusun beton geopolimer dan hasil perhitungan *mix design* beton geopolimer.

### 4. Hasil dan Pembahasan

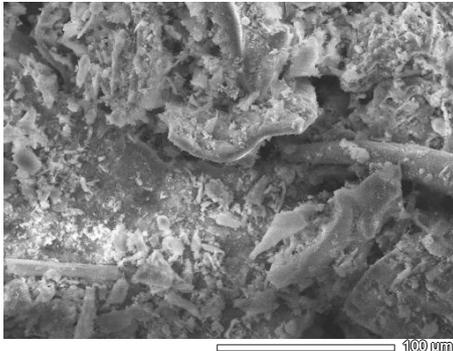
Berikut ini adalah hasil pengujian kandungan kimia abu sekam padi, bahan-bahan penyusun beton geopolimer dan *mix design* beton geopolimer.

#### 4.1 Pengujian kandungan RHA

Pengujian kandungan kimia untuk abu sekam padi dilakukan di Laboratorium Fire Universitas Negeri Jakarta. Pengujian yang dilakukan berupa uji *Scanning Electron Microscope* (SEM). Hasil dari uji SEM dapat dilihat pada tabel 1 dan gambar 1.

Tabel 1. Kandungan Kimia RHA  
Senyawa Presentase (%)

Senyawa	Presentase (%)
SiO <sub>2</sub>	82,92
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-
K <sub>2</sub> O	17,08
MgO	-



Gambar 1. Struktur RHA yang Dilihat Dari Mikroskop

#### 4.2 Pengujian Bahan

Pengujian bahan-bahan untuk pembuatan beton geopolimer dilakukan di Laboratorium Bahan Universitas Negeri Jakarta. Bahan-bahan yang diujikan adalah agregat kasar, agregat halus, dan abu sekam padi. Pengujian yang dilakukan meliputi Berat jenis, kadar air, penyerapan, dan Modulus Halus Butir (MHB). Hasil pengujian bahan akan disajikan pada tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2. Hasil Pengujian Bahan

Jenis Pengujian	Hasil
<b>Agregat Kasar</b>	
Berat Jenis Semu	2,32 gr/cm <sup>3</sup>
Berat Jenis Kering	2,24 gr/cm <sup>3</sup>
Berat Jenis SSD	2,32 gr/cm <sup>3</sup>
Penyerapan	1,48%
Kadar Air	2,29%
MHB	6,39
<b>Agregat Halus</b>	
Berat Jenis Semu	2,47 gr/cm <sup>3</sup>
Berat Jenis Kering	1,89 gr/cm <sup>3</sup>
Berat Jenis SSD	2,12 gr/cm <sup>3</sup>
Penyerapan	2,22%
Kadar Lumpur	4,99%
Kadar Air	3,78%
Zat Organik	No. 3
MHB	4,28
Zona Gradasi	I
<b>Abu Sekam Padi</b>	
Berat Jenis	2,94 gr/cm <sup>3</sup>

#### 4.3 Mix Design

Perhitungan *mix design* campuran beton geopolimer menggunakan metode yang sama dengan beton konvensional yaitu menggunakan SNI 03-2834-2000 tentang tata cara pembuatan rencana campuran beton normal. Hal tersebut menunjukkan bahwa beton geopolimer ini didesain dengan kuat tekan rencana yang sama dengan beton konvensional menurut standar yang ada. Karena definisi beton geopolimer adalah penggantian semen dengan prekursor, maka dalam perhitungan *mix design*nya jumlah prekursor yang dibutuhkan dalam beton geopolimer akan sama dengan jumlah semen yang digunakan pada campuran beton normal. Prekursor tidak akan dapat berfungsi sebagai perekat apabila tidak dicampur dengan alkali aktivator. Sehingga peran alkali aktivator adalah sebagai bahan tambah. Maka jumlah prekursor maupun alkali aktivator yang digunakan masing-masing akan sama dengan jumlah semen yang dipakai dalam campuran. Presentase alkali aktivator (Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> : NaOH) yang digunakan adalah 65% : 35%, 70% : 30%, dan 75% : 25% dari berat prekursor yang digunakan. *Mix design* dihitung untuk kebutuhan benda uji berukuran silinder dengan diameter 10 cm dan tinggi 20 cm. Untuk hasil perhitungan *mix design* dapat dilihat pada tabel 3 dan 4 dibawah ini.

Tabel 3. *Mix Design* Beton Geopolimer 1

Bahan	Beton Normal	Perbandingan Alkali
		65% : 25%
ASP (semen)	1,1 Kg	1,1 Kg
Air	0,3 Kg	0,3 Kg
Agregat halus	1,04 Kg	1,04 Kg
Agregat kasar	1,41 Kg	1,41 Kg
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	-	0,72 Kg
NaOH	-	0,38 Kg
Jumlah	3,85 Kg	4,95 Kg

Tabel 4. *Mix Design* Beton Geopolimer 2

Bahan	Perbandingan Alkali	
	70% : 30%	75% : 35%
ASP (semen)	1,1 Kg	1,1 Kg
Air	0,3 Kg	0,3 Kg
Agregat halus	1,04 Kg	1,04 Kg
Agregat kasar	1,41 Kg	1,41 Kg
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	0,77 Kg	0,83 Kg
NaOH	0,33 Kg	0,27 Kg
Jumlah	4,95 Kg	4,95 Kg

## 5. Simpulan dan Saran

### 5.1 Kesimpulan

Hasil dari penelitian ini adalah *mix design* yang berguna untuk menentukan proporsi bahan yang akan digunakan untuk pembuatan beton geopolimer. Berdasarkan hasil perhitungan *mix design* yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan antara lain **pertama** Kandungan abu sekam padi memenuhi syarat sebagai pozzolan, sehingga dapat digunakan sebagai bahan pengganti semen. **Kedua** perbedaan antara *Mix design* beton normal dan beton geopolimer terletak pada penggunaan  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  dan  $\text{NaOH}$ . Hal dikarenakan beton normal tidak perlu menggunakan alkali aktivator dalam proses pembuatannya dan **Ketiga** jumlah bahan-bahan penyusun beton geopolimer pada varian perbandingan alkali aktivator 65% : 35%, 70% : 30%, dan 75% : 25% adalah sama, hanya saja ada perbedaan jumlah pada  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  dan  $\text{NaOH}$ .

### 5.2 Saran

Dari kesimpulan diatas disarankan hal -hal sebagai berikut **Pertama** sebaiknya dilakukan penelitian lebih lanjut dengan prekursor selain abu sekam padi. **Kedua** penggunaan presentasi alkali aktivator yang berbeda antara sodium silikat ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) dengan natrium hidroksida ( $\text{NaOH}$ ).

### Daftar Pustaka

Anastasia, K. 2017. Peningkatan Kuat Tekan Beton Geopolimer Dengan Menggunakan Variasi Abu Cangkang Telur Bebek Melalui Proses Pengovean [skripsi]. Jakarta: Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.

Badan Standarisasi Nasional. 2000. SNI 03-2843-2000, *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

Erwan, R. & Wardhono, A. (2018). Pengaruh Substitusi Limbah Marmer Terhadap Nilai Kuat Tekan *Dry GeopolymerMortar* Metode *WET Mixing*dengan Berbahan Dasar Abu Terbang Dan  $\text{NaOH}$  8 M. *Jurnal Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya*.

Kusuma, A., Wallah, S. & Dapas, S. (2014). Kuat Tarik Belah Beton Geopolimer Berbasis Abu Terbang. *Jurnal Sipil Statik, Vol 2, No. 7, November 2014*.

Lisanton, A. & Purnandani, Y. (2010). Pengaruh Penambahan Kapur Terhadap Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas Beton Geopolimer. *Prosiding Konferensi Nasional Teknik Sipil 4 (KoNTekS 4), Juni 2010*.

Mehta, A. (2018). *Sustainable Geopolymer Concrete using Ground Granulated Blast Furnace Slag and Rice Husk Ash: Strenght and Permeability Properties*. *Journal of Cleaner Production*.

Mohseni, E., Koushbaghi, M. & Zehtab, B. (2019). *Evaluation of Mechanical and Durability Properties of Fiber - Reinforced Lightweight Geopolymer Composite Based on Rice Husk Ash*.

Musbar., Rizal, F. & Mahyar, H. (2010). Pemanfaatan Abu Sekam Padi Sebagai Bahan Campuran Beton Agropolymer. *Jurnal Portal, Vol 2, No. 2, Oktober 2010*.

Nugrahanto, B. 2017. Studi Kuat Tekan Beton dengan Pemanfaatan Abu Cangkang Telur Bebek Sebagai Bahan Dasar Pembuatan Beton Geopolimer [skripsi]. Jakarta: Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.

Salwatul, N. (2017). Pengaruh Rasio Sodium Hidroksida dengan Sodium Silikat Pada Mortar *Geopolymer* Berbahan Dasar Abu terbang Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Geser Pada Aplikasi Spesi Batu Bata. *Jurnal Rekayasa Teknik Sipil, Vol 2, 2017*.