

## **SINTESIS DAN KARAKTERISASI BETON GEOPOLIMER BERBASIS ABU LAYANG SEBAGAI MEDIA TANAM**

*Fandi Angga Prasetya<sup>1</sup>, Ndaru Candra Sukmana<sup>2</sup>, Choirur Roziqin<sup>1</sup>,  
Nia Febriana Dewi<sup>1</sup>, Abdullah Ja'far Afifi<sup>1</sup>, Ufafa Anggarini<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Kimia, Universitas Internasional Semen Indonesia

<sup>2</sup>Program Studi Manajemen Rekayasa, Universitas Internasional Semen Indonesia

*E-mail: fandi.prasetya@uisi.ac.id*

### **ABSTRACT**

*In this research, geopolymer based fly ash was synthesized to be applied as planting media, especially on hydroponics system. Variables used in this study were variations of alkali NaOH and KOH with concentrations of 2M, 3M, and 4M in each alkali. In addition, variations in the ratio of solids / liquids to the geopolymer formulations of 75:25 and 70:30 were added. The Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> was added for a perfect geopolymerization process. After geopolymer was formed, the result of material was leached with distilled water until pH becomes 6-7 making it suitable for planting media application. In each variable, the porosity (related to the ability of the material to absorb water) were determined and characterized by X-Ray Diffraction (XRD) to clarify that the phase formed indicates the geopolymerization process. Based on the research that has been done, it found that geopolymer of NaOH 4M 75:25 has highest porosity of 2.4%wt which indicate high ability to absorb water and nutrient. While optimum geopolymer conditions for planting medium which showed solution pH of 7 after immersed for four days were KOH 4M 75:25 and NaOH 4 M 70:30.*

**Keywords:** Geopolymer, fly ash, PH, planting media

### **ABSTRAK**

*Pada penelitian ini dilakukan sintesis geopolimer menggunakan bahan utama abu layang untuk diaplikasikan sebagai media tanam khususnya pada sistem hidroponik. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah variasi alkali NaOH dan KOH dengan konsentrasi 2M, 3M, dan 4M pada masing masing alkali. Selain itu, dilakukan variasi rasio padatan/cairan pada formula geopolimer dengan perbandingan 75:25 dan 70:30. Setelah geopolimer terbentuk, material hasil sintesa dilakukan uji leaching melalui pencucian dengan akuades hingga pH spesimen mencapai 6-7. Hal ini dilakukan agar geopolimer hasil sintesis dapat digunakan sebagai media tanam. Pada setiap variabel, dihitung porositas (berkaitan dengan kemampuan material dalam menyerap air) dan dikarakterisasi dengan X-Ray Diffraction (XRD) untuk menentukan pembentukan fasa saat proses geopolimerisasi berlangsung. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan didapatkan bahwa geopolimer yang menggunakan NaOH 4M 75:25 menghasilkan geopolimer dengan porositas tertinggi sebesar 2.8%wt yang menunjukkan kemampuan menyimpan air dan nutrisi yang tinggi. Sementara kondisi geopolimer optimum untuk media tanam adalah dengan KOH 4M 75:25 dan NaOH 4 M 70:30 dengan parameter pH 7 saat dilarutkan dalam air yang cocok sebagai media tanam.*

**Kata kunci:** Geopolimer, abu layang, PH, media tanam

## 1. PENDAHULUAN

Sistem hidroponik menjadi salah satu solusi untuk bidang pertanian khususnya dalam pengembangan perkebunan sayuran pada lahan yang sempit. Dalam sistem tanam hidroponik, diperlukan media tanam sebagai tempat tegaknya tanaman sekaligus tempat penyimpanan air dan nutrisi pengganti tanah [1,2]. Ada beberapa media tanam yang digunakan dalam sistem hidroponik, yang salah satunya adalah *hydroton*. *Hydroton* sendiri merupakan media tanam yang umumnya berbentuk bulat kecil berbahan tanah liat yang dipanaskan pada suhu di atas 1000°C, memungkinkannya menjadi material berpori dan mampu menyimpan air dan nutrisi bagi tanaman [3]. Pembuatan *hydroton* pada suhu tinggi tersebut menimbulkan efek buruk bagi lingkungan terutama emisi CO<sub>2</sub> yang tinggi. Diperlukan alternatif material sejenis yang mampu disintesis pada suhu rendah. Salah satu solusinya adalah dengan geopolimer. Geopolimer merupakan salah satu jenis polimer yang diaktivasi dengan alkali agar terjadi proses geopolimerisasi hanya dibutuhkan pada suhu rendah. Bahan utama geopolimer sendiri adalah material keramik yang mengandung Silika (SiO<sub>2</sub>) dan Alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) yang cukup tinggi [4]. *Ufafa., et al* mengungkapkan bahwa pembuatan geopolimer dengan alkali NaOH 3 M mampu mengabsorb air hingga 11,10%wt [5]. Sedangkan *Fandi, et al* membuat geopolimer dengan perbandingan padatan/cairan 70:30 yang mampu megabsorb air sebesar 13,04%wt [6]. Dalam penelitian ini digunakan limbah abu layang dari pengolahan batu bara di Paiton Probolinggo yang mengandung 31% SiO<sub>2</sub> dan 26,05% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sebagai formulasi padat geopolimer yang sekaligus sebagai upaya pemanfaatan limbah untuk bahan maju. Selanjutnya, untuk mengamati pengaruhnya terhadap kecocokan sebagai media tanam, maka dilakukan variasi terhadap alkali NaOH dan KOH dengan variasi molaritas dan perbandingan formulasi padat dan cair geopolimer. Hal ini bertujuan untuk menagamati variable optimum geopolimer sehingga bisa digunakan sebagai material media tanam.

## 2. METODOLOGI

Pada penelitian ini, digunakan bahan Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> dan larutan alkali NaOH dan KOH yang merupakan penyusun zat cair dalam formula sintesis geopolimer. Fasa padatan dalam sintesa geopolimer ditentukan dari komposisi abu layang sebagai bahan yang mengandung mineral aluminosilikat. Kandungan Silika dan alumina yang terdapat pada abu layang dikarakterisasi dengan XRF terlebih dahulu untuk menentukan jumlah Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> yang perlu ditambahkan sesuai dengan formula geopolimer. limbah abu layang PT Paiton Probolinggo digunakan sebagai sumber aluminasilikat memiliki kandungan terbesar berupa SiO<sub>2</sub> 31 %bwt dan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 26,05%wt. Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> ditambahkan ke dalam larutan alkali dengan variasi KOH dan NaOH dengan variasi masing – masing konsentrasi 2M, 3M, dan 4M yang menjadi formula cair. Larutan alkali sebagai aktivator selanjutnya dituangkan ke abu layang sebagai formulasi padat dengan proporsi dengan variasi rasio padatan:cairan adalah 75:25 dan 70:30. Campuran abu layang dan larutan alkali diaduk dan dihomogenkan dengan *mixer* hingga diperoleh pasta geopolimer yang homogen. Setelah homogen, pasta geopolimer ditentukan massa jenisnya dan dituang dalam cetakan. Setelah 24 jam, geopolimer yang telah kering dihitung porositasnya melalui perendaman dalam air untuk kemudian dihitung selisih massa kering dengan massa basah. Proses *leaching* dilakukan dengan merendam geopolimer dalam air selama 24 jam untuk kemudian diganti dengan air yang baru dan dilakukan perendaman selama 24 jam lagi hingga 4 kali pembilasan air. Pada setiap 24 jam, diukur pH air untuk menentukan kecocokan dengan syarat sebagai media tanam yang mengharuskan memiliki kondisi dengan pH 6-7. Kemudian, geopolimer dikarakterisasi dengan *X-Ray Diffraction* untuk mengetahui fasa yang mengindikasikan telah terjadi proses geopolimerisasi.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Porositas

Porositas pada geopolimer berfungsi sebagai parameter kemampuan untuk menyerap dan menyimpan air dan nutrisi. Tabel 1. menunjukkan nilai porositas pada hasil geopolimer dengan berbagai variasi. Secara umum, alkali NaOH menghasilkan geopolimer dengan porositas lebih tinggi dibandingkan KOH. Hal ini disebabkan ion  $K^+$  lebih reaktif dibandingkan  $Na^+$  sehingga rekasi geopolimerisasi lebih sempurna. Kesempurnaan rekasi tersebut membuat beton geopolimer yang dihasilkan dari KOH lebih padat dibandingkan dengan NaOH [7]. Sedangkan tingkat kepadatan berbanding terbalik dengan porositas, sehingga beton geopolimer yang dihasilkan menggunakan alkali NaOH memiliki porositas lebih besar. Sementara dari tingkat molaritas alkali lebih besar menghasilkan porositas yang juga lebih besar pada beton geopolimer baik dengan KOH maupun NaOH. Semakin besar konsentrasi alkali membuat semakin tidak reaktif sehingga reaksi geopolimerisasi kurang sempurna, sehingga menghasilkan padatan beton dengan kepadatan yang rendah namun porositas tinggi. Sementara perbandingan padatan/cair pada komposisi geopolimer 75 :25 secara keseluruhan menghasilkan beton dengan tingkat porositas lebih tinggi dibandingkan dengan rasio 70 :30. Semakin banyak jumlah padatan akan menghasilkan beton geopolimer dengan tingkat kepadatan rendah. Kondisi optimum beton geopolimer dengan parameter porositas didapatkan dengan KOH 4M 75:25 dengan nilai 2.8%wt.

**Tabel 1.** %Wt Porositas Gepolimer

Variabel	%wt Porositas
K.2.70:30	0.33
K.2.75:25	0.99
K.3.70:30	0.33
K.3 75:25	1.85
K.4.70:30	1.09
K.4.75:25	1.42
Na.2.70:30	0.74
Na.2.75:25	1.08
Na.3.70:30	0.51
Na.3 75:25	1.34
Na.4.70:30	0.10
Na.4.75:25	2.88

#### 3.2 PENGARUH TERHADAP pH

pH yang dimaksud adalah pH air hasil rendaman geopolymer (pH larutan *leaching*). Dalam sistem hidroponik parameter pH air yang dalirkan sangat penting, terkait dengan pertumbuhan tanaman yang tidak dapat terjadi dengan baik pada lingkungan yang terlalu asam dan basa. Oleh karean itulah, sebagai syarat media tanam, diperlukan geopolimer dengan kondisi netral (pH 6-7). Tabel 2 menunjukkan nilai PH pada masing masing variabel selama empat hari proses pencucian

(*leaching*). Seluruh variabel menunjukkan pada hari pertama memiliki pH basa (9-11). Hal ini disebabkan kandungan KOH dan NaOH pada masing – masing geopolimer yang terlarut dalam air. Kondisi matriks geopolimer dengan tingkat basa yang cukup tinggi ini menyebabkan material tersebut tidak sesuai untuk digunakan sebagai media tanam, sehingga perlu dilakukan proses pencucian lebih lanjut. Oleh karena itu, dihari selanjutnya dilakukan pembilasan dan perendaman dalam air untuk diukur nilai pH di setiap pembilasan. Pada hari pertama, masing masing variabel yang menggunakan konsentrasi Alkali lebih tinggi yaitu pada 4 Molar menghasilkan PH yang rendah. Hal ini mengindikasikan bahwa semakin besar konsentrasi alkali, bisa menghasilkan nilai PH pada rendaman airnya yang lebih rendah. Sementara secara umum, alkali KOH menghasilkan PH yang lebih rendah dibandingkan NaOH. Sementara secara umum, penggunaan perbandingan formulasi padatan dan cairan 75:25 menghasilkan nilai PH yang lebih kecil. Hal ini terjadi karena proporsional alkali lebih kecil saat 25% cairan. Sehingga yang terlarut dalam air rendaman juga tidak terlalu banyak, sehingga PH nya pun tidak setinggi yang menggunakan 30% proporsi cairan. Pada akhirnya, hampir seluruh variabel menghasilkan PH 7 pada hari terakhir pembilasan (hari ke empat). Secara khusus, dengan menggunakan KOH 4M perbandingan 75:25 dan NaOH 4M 70:30 menghasilkan nilai penurunan nilai PH yang cepat sehingga lebih optimum digunakan sebagai media tanam.

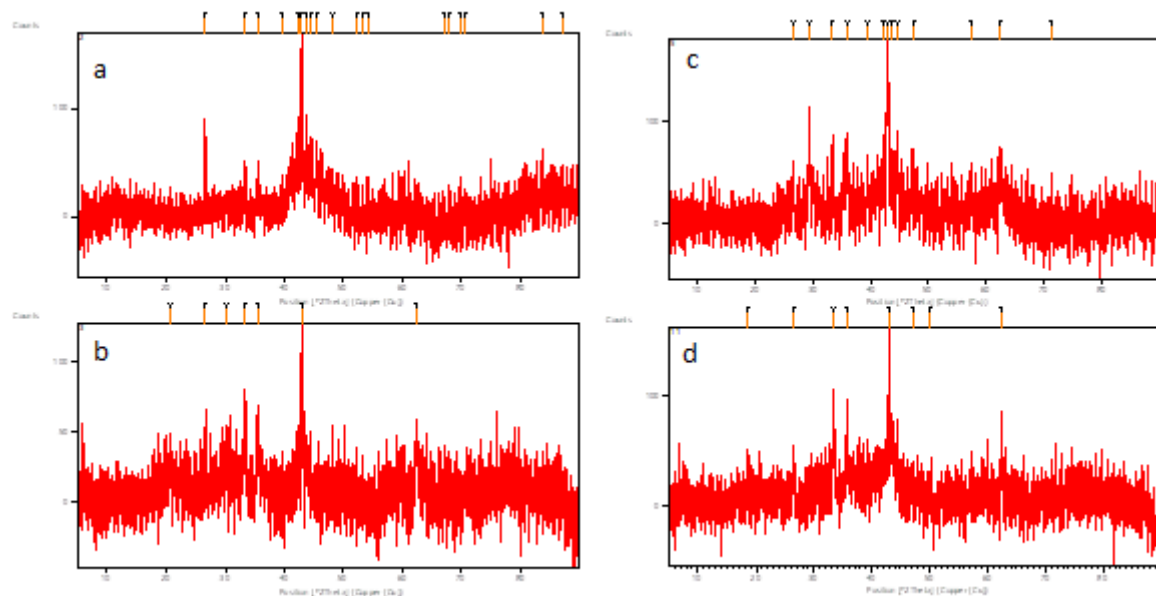
**Tabel 2.** Nilai pH Air Rendaman Geopolimer

Variabel	pH larutan dengan <i>leaching</i> pada hari ke-			
	1	2	3	4
K.2.70:30	10	10	9	7
K.2.75:25	11	10	9	7
K.3.70:30	11	9	8	7
K.3.75:25	9.5	8.5	10	8
K.4.70:30	9.5	8.5	8	7
K.4.75:25	9.5	10	9	7
Na.2.70:30	11	10	10	8
Na.2.75:25	10	8.5	9	8
Na.3.70:30	11	9	10	8
Na.3.75:25	9	8.5	8	7
Na.4.70:30	10	8.5	8	7
Na.4.75:25	9	8.5	8	7

### 3.3 Hasil Difraksi Kristal

Fase kristal geopolimer dikarakterisasi dengan *X-Ray Diffraction* (XRD). Proses Geopolimerisasi akan membentuk fase kuarsa, mullite, magnetit, dan sodalite. Fase kuarsa merupakan fase yang paling banyak ditemukan pada hasil geoplimerisasi dengan sudut ( $2\theta$ ) 26,72°, 39,49° dan 50,49°. Sedangkan fase mullite ditemukan pada sudut ( $2\theta$ ) 16,48°; 23,47°; 31,15°; 33,2°; 35,29°; 40,89°; 42,55°; 49,52°; 53,66° dan 57,56°. Gambar 1.a menunjukkan geopolimer dengan NaOH 2M 75:25 dengan beberapa puncak kuarsa dan mullite yang masih belum tampak. Hal ini mengindikasikan bahwa

geopolimerisasi masih belum berlangsung sempurna diakibatkan terlalu rendahnya konsentrasi NaOH sebagai activator yang digunakan. Gambar 1.b menunjukkan geopolimer dengan NaOH 3M 70:30 dengan puncak kuarsa dan mullite yang lebih tampak muncul dibandingkan dengan penggunaan NaOH 2M. Dengan konsentrasi aktivator yang lebih tinggi memungkinkan untuk terjadi proses geopolimerisasi yang lebih sempurna. Pada Gambar 1.c dan Gambar 1.d yang menunjukkan geopolimer dengan NaOH 4M 70:30 dan KOH 4M 70:30. Keduanya hampir menunjukkan pola yang sama yang mengindikasikan geopolimerisasi lebih sempurna. Pada keseluruhan pola XRD, terdapat *hump peak* pada  $(2\theta)$   $11^{\circ} - 40^{\circ}$  yang menunjukkan fase geopolimer telah terbentuk.



**Gambar 1.** Pola XRD Geoplimer (a) Na.2.75:25, (b) Na.3.70:30, (c) Na.4.70:30, (d) K.4.70:30

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa Porositas yang tinggi terjadi pada Molaritas Alkali yang tinggi, yaitu 4M, sementara pengaruh perbandingan padatan:cairan geopolimer optimum untuk media tanam yaitu pada nilai 70:30. Nilai PH optimum untuk media tanam pada dapat dihasilkan pada perendaman geopolimer dengan variable KOH 4M 75:25. Sementara hasil XRD telah mengklarifikasi terbentuknya fase yang mengindikasikan geopolimer dan telah berlangsung geopolimerisasi.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Internasional Semen Indonesia yang telah mendanai riset ini melalui sekam Hibah Riset.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Rakhman, A., Lanya, B., Rosadi, R.A.B., Kadir, M.Z. (2015). Pertumbuhan Tanaman Sawi Menggunakan Sistem Hidroponik dan Akuaponik. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung Vol.4, No.4 : 245-254*
- [2] Lingga, P. 2005. Hidroponik Bercocok Tanam Tanpa Tanah. Jakarta. *Penebar Swadaya* halaman 80.
- [3] Oktafri., Ningsih, YA., Novita, DD. (2015). Pembuatan Hidroton Berbagai Ukuran Sebagai Media Tanam Hidroponik dari Campuran Bahan Baku Tanah Liat dan Digestate. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung Vol. 4, No. 4:267-274*
- [4] P. Duxon, A. Ferandez Jimenez, J.L. Provis, G.C. Luckey, A. Palomo, J.S.J. Van Deventer. (2007). Geopolymer Technology: The Current State of Art. *Journal of Material Science Volume 42, pp 2917–2933*
- [5] Anggarini, U., Sukmana, NC., Prasetya, FA. (2017). Synthesis and Characterization of Fly Ash Geopolymer for Water Absorbent Material. *MATEC Web of Conferences 97, 01024*
- [6] Prasetya, FA., Sukmana, NC., Anggarini, U.( 2017). Study of Solid-Liquid Ratio of Fly Ash Geopolymer as Water Absorbent Material. *MATEC Web of Conferences 97, 01090.*
- [7] Hosan, A., Haque, S., Shaikh, F. (2015). Comparative Study of Sodium and Potassium Based Fly Ash Geopolymer at Elevate Temperatures. *Proceedings of the Second International Conference on Performance-based and Life-cycle Structural Engineering (PLSE 2015) Page 1085-1092*