

## **Studi Material Geopolimer Dengan Menggunakan Limbah Egg Tray Dengan Aktivator $\text{Na}_2\text{SO}_4$ dan $\text{Na}_2\text{SiO}_3$**

Lusiana Safitri<sup>1\*</sup>, Bella Lutfiani Al Zakina<sup>1</sup>, Zainuddin<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universitas Bojonegoro, Jl. Lettu Suyitno No.2, Bojonegoro

\*lusianasafitri6522@gmail.com

### **ABSTRAK**

Pada saat ini material limbah dapat dimanfaatkan sebagai material penyusun beton ramah lingkungan (*green concrete*). Material limbah yang digunakan untuk pembuatan beton memiliki keuntungan lingkungan bila dimanfaatkan sebagai pengganti agregat halus atau agregat kasar maupun untuk menggantikan semen. Bahan yang dapat digunakan sebagai pengganti semen ialah bahan Pozzolan, salah satu bahan Pozzolan yang sering dijumpai ialah *Fly Ash*. Akan tetapi, tidak menutup kemungkinan seiring berjalannya waktu akan banyak inovasi bahan untuk menggantikan semen selain *Fly Ash*. Pada penelitian ini menggunakan material geopolimer berupa limbah *Egg Tray* dengan aktivator  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  dan  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ . Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilaksanakan, nilai rata-rata yang diperoleh pada variasi yang terdapat substitusi semen sebanyak 10% pada pasir serta pada variasi tanpa substitusi semen memiliki selisih yang cukup signifikan. Untuk rata-rata kuat tekan beton variasi tanpa penambahan semen untuk alkali aktivator 4 molar, 6 molar, dan 8 molar ialah 0,437 MPa; 0,620 MPa; dan 0,362 MPa. Sedangkan, pada variasi dengan substitusi semen 10% pada pasir memiliki kuat tekan untuk alkali aktivator 4 molar, 6 molar, dan 8 molar ialah 0,825 MPa; 1,250 MPa; 0,319 MPa. Data tersebut menunjukkan bahwa pada variasi alkali aktivator 6 molar memiliki rata-rata kuat tekan tertinggi jika dibandingkan dengan variasi yang lainnya. Perolehan nilai kuat tekan yang kecil pada penelitian ini kemungkinan disebabkan karena abu *egg tray* tidak memiliki kandungan seperti *fly ash* sehingga pengikatan agregat tidak dapat dilakukan dengan maksimal. Penggunaan natrium sulfat ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) yang terlalu banyak dapat menjadi kristal-kristal, kemudian kristal tersebut dapat membuat beton keropos hingga hancur.

Kata kunci: abu limbah *egg tray*, beton geopolimer, kuat tekan beton, aktivator

### **ABSTRACT**

*At this time, waste materials can be used as materials that make up environmentally friendly concrete (green concrete). Waste materials used for concrete manufacturing have environmental advantages when used as a substitute for fine aggregate or coarse aggregate or to replace cement. The material that can be used as a substitute for cement is Pozzolan material, one of the Pozzolan materials that is often found is Fly Ash. However, it is possible that over time there will be many material innovations to replace cement other than Fly Ash. In this study, geopolymer materials in the form of Egg Tray waste with  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  and  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  activators were used. Based on the results of the research that has been carried out, the average value obtained in the variation with cement substitution of 10% in sand and in the variation without cement substitution has a significant difference. For the average compressive strength of the variation concrete without the addition of cement for 4 molar, 6 molar, and 8 molar activators is 0.437 MPa; 0.620 MPa; and 0.362 MPa. Meanwhile, in the variation with 10% cement substitution in sand has a compressive strength for 4 molar, 6 molar, and 8 molar activator alkalis is 0.825 MPa; 1,250 MPa; 0.319 MPa. The data shows that in the alkaline variation of the 6 molar activator has the highest average compressive strength when compared to other variations. The small compressive strength value in this study is probably due to the fact that the egg tray ash does not have the same content as fly ash so that the aggregate binding cannot be carried out optimally. The use of too much sodium sulfate ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) can become crystals, then these crystals can make the concrete porous until it is destroyed.*

Keywords: *Egg Tray Waste Ash, Geopolymer Concrete, Compressive Strength Concrete, Activator*

## 1. PENDAHULUAN

Pada saat ini material limbah dapat dimanfaatkan sebagai material penyusun beton ramah lingkungan (*green concrete*). Dalam pembuatan beton, pemanfaatan material limbah dapat digunakan melalui penggantian semen, agregat, bahan pengisi, maupun penguat serat. Material limbah yang digunakan untuk pembuatan beton memiliki keuntungan lingkungan bila dimanfaatkan sebagai pengganti agregat halus atau agregat kasar maupun untuk menggantikan semen.

Dalam pembuatan beton, terdapat salah satu inovasi yang dapat dilakukan ialah pembuatan beton geopolimer. Beton geopolimer sendiri merupakan beton yang dibuat tanpa menggunakan semen. Dimana semen merupakan bahan yang dalam pembuatannya dapat meningkatkan emisi gas karbondioksida di udara. Bahan yang dapat digunakan sebagai pengganti semen ialah bahan Pozzolan, salah satu bahan Pozzolan yang sering dijumpai ialah *Fly Ash*. Akan tetapi, tidak menutup kemungkinan seiring berjalannya waktu akan banyak inovasi bahan untuk menggantikan semen selain *Fly Ash*.

*Egg Tray* atau yang biasa dikenal dengan kemasan telur merupakan salah satu limbah yang biasa ditemukan di masyarakat terutama di pasar tradisional. Dengan bertambahnya jumlah penduduk yang tinggi dapat pula menyebabkan penambahan kebutuhan permintaan terhadap produksi telur yang pada akhirnya menambah volume limbah *egg tray* (kemasan telur). Pada tahun 2022, produksi telur ayam petelur di Indonesia mencapai total 5.155.998 ton berdasarkan data Badan Pusat Statistik. Wadah telur memiliki 2 jenis, yaitu *egg carton* yang berukuran kecil dan jenis *egg tray* yang berukuran lebih besar. Wadah telur atau *Egg Tray* ini memiliki bentuk yang unik sehingga lebih susah untuk didaur ulang dibandingkan dengan kertas biasa. *Egg tray* biasanya hanya didaur ulang sebagai bentuk kerajinan. Wadah telur ini juga mengandung selulosa karena bersumber dari limbah kertas, sehingga dapat pula dimanfaatkan sebagaimana memanfaatkan limbah kertas lainnya, seperti dapat dijadikan bahan campuran pembuatan beton. Dari permasalahan tersebut dapat diambil penelitian Studi Material Geopolimer dengan Menggunakan Limbah *Egg Tray* dengan Aktivator  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  dan  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ .

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian yang menggunakan metode uji eksperimental dengan membuat benda uji berupa beton geopolimer berbahan dasar abu limbah *egg tray* yang berbentuk silinder dengan ukuran 10 cm x 20 cm yang kemudian akan diuji kuat tekannya pada umur 28 hari dengan variasi penambahan aktivator  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  dan  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  (4 molar, 6 molar, dan 8 molar) serta menggunakan semen sebanyak 10% sebagai substitusi agregat halus. Tahap perencanaan campuran beton atau perhitungan benda uji ini merencanakan pembuatan benda uji sebanyak 6 (enam) buah setiap variasi yang dibuat. Dimana pada pembuatan binder menggunakan abu limbah *egg tray* serta alkali aktivator. Nilai molaritas aktivator  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  dibatasi sebesar 4 Molar, 6 Molar, serta 8 Molar, dengan perbandingan  $\text{Na}_2\text{SiO}_3 : \text{Na}_2\text{SO}_4$  ialah 1:2.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### HASIL

Pembuatan beton geopolimer pada penelitian ini menggunakan metode eksperimen. Dimana mix design beton geopolimer sendiri tidak memiliki acuan dalam perhitungannya. Maka dari itu perhitungan mix design ini berpacu pada penelitian-penelitian sebelumnya serta perbandingan bahan untuk setiap silindernya. Berikut merupakan perhitungan kebutuhan bahan penyusun beton dalam penelitian ini.

**Tabel 1.** Perhitungan Mix Design

| N | Bahan  | Rumus  | Hasil                 | Satuan            |
|---|--|--|-----------------------|-------------------|
| 0 |  |  |                       |                   |
| 1 | Kebutuhan Abu Egg Tray untuk 1m <sup>3</sup>                 |  | 329                   | kg/m <sup>3</sup> |
| 2 | Volume Silinder  | : $p \times r^2 \times h$                      | 0,00157               | m <sup>3</sup>    |
| 3 | Volume Beton dengan Cacat 5%                                 |  | 0,00165               | m <sup>3</sup>    |
| 4 | Abu Egg Tray 1 Silinder                                      | : $kg/m^3 \times V \text{ silinder}$           | 0,5431                | kg                |
| 5 | Jumlah air   | : $S \times 0,30$                              | 0,1629                | L                 |
| 6 | Untuk kebutuhan larutan molaritas Mr (Massa Molekul Relatif) | : $W/Mr \times 1000/V$                         | : Molar x Mr x V/1000 |                   |
| 4 |  | $Na_2SO_4$ (Na: 23, S: 32, O: 16)<br>Molar     | 142                   |                   |
|   |  | : Molar x Mr x W V/1000                        | 0,0925                | kg                |
|   |  | Wwg : $0,5 \times W$                           | 0,0463                | kg                |
| 6 |  | Molar  |                       |                   |
|   |  | : Molar x Mr x W V/1000                        | 0,1388                | kg                |
|   |  | Wwg : $0,5 \times W$                           | 0,0694                | kg                |
| 8 |  | Molar  |                       |                   |
|   |  | : Molar x Mr x W V/1000                        | 0,1851                | kg                |
|   |  | Wwg : $0,5 \times W$                           | 0,0925                | kg                |
| 7 | Jumlah Agregat Berat Total (Penelitian Terdahulu)            | Wtot   | 2,6                   | kg                |
|   | Agregat Kasar  | : $(2/3 \times 70\%) \times W_{tot}$           | 1,21                  | kg                |
|   | Agregat Halus  | : $(1/3 \times 70\%) \times W_{tot}$           | 0,61                  | kg                |
|   | Substitusi 10% Semen pada Agregat Halus                      | : $10\% \times \text{Kebutuhan Agregat Halus}$ | 0,061                 | kg                |
|   | Pasir  | : Kebutuhan Agregat Halus - Semen              | 0,546                 | kg                |

Pengujian kuat tekan beton pada penelitian ini dilakukan pada umur beton 28 hari. Pengujian kuat tekan beton menggunakan alat Proving Ring. Hasil pengujian kuat tekan beton disajikan pada tabel berikut.

**Tabel 2.** Hasil Kuat Tekan Beton

| N o | Benda Uji | Beban Proving Ring | Beban, P (N) | Luas Penampang, A (mm <sup>2</sup> ) | Kuat Tekan, f <sub>c</sub> (Mpa) | Rata-Rata |
|-----|-----------|--------------------|--------------|--------------------------------------|----------------------------------|-----------|
| 1   | GP0-4     | 0,0                | 0,0          | 7854,0                               | 0,0                              | 0,437     |
| 2   |           | 0,0                | 0,0          | 7854,0                               | 0,0                              |           |
| 3   |           | 0,0                | 0,0          | 7854,0                               | 0,0                              |           |
| 4   |           | 10,5               | 2324,6       | 7854,0                               | 0,296                            |           |
| 5   |           | 15,0               | 3320,8       | 7854,0                               | 0,423                            |           |
| 6   |           | 21,0               | 4649,1       | 7854,0                               | 0,592                            |           |
| 1   | GP0-6     | 12,0               | 2656,6       | 7854,0                               | 0,338                            | 0,620     |
| 2   |           | 25,0               | 5534,7       | 7854,0                               | 0,705                            |           |
| 3   |           | 22,0               | 4870,5       | 7854,0                               | 0,620                            |           |
| 4   |           | 30,5               | 6752,3       | 7854,0                               | 0,860                            |           |
| 5   |           | 18,0               | 3985,0       | 7854,0                               | 0,507                            |           |
| 6   |           | 24,5               | 5424,0       | 7854,0                               | 0,691                            |           |
| 1   | GP0-8     | 13,0               | 2878,0       | 7854,0                               | 0,366                            | 0,362     |
| 2   |           | 12,0               | 2656,6       | 7854,0                               | 0,338                            |           |
| 3   |           | 15,0               | 3320,8       | 7854,0                               | 0,423                            |           |
| 4   |           | 11,0               | 2435,3       | 7854,0                               | 0,310                            |           |
| 5   |           | 10,0               | 2213,9       | 7854,0                               | 0,282                            |           |
| 6   |           | 16,0               | 3542,2       | 7854,0                               | 0,451                            |           |

Pada tabel hasil kuat tekan tersebut, untuk rata-rata kuat tekan beton variasi untuk alkali aktivator 4 molar, 6 molar, dan 8 molar ialah 0,437 MPa; 0,620 MPa; dan 0,362 MPa. Data tersebut menunjukkan bahwa pada variasi alkali aktivator 6 molar memiliki rata-rata kuat tekan tertinggi jika dibandingkan dengan variasi yang lainnya. Perolehan nilai kuat tekan yang kecil pada penelitian ini kemungkinan disebabkan karena abu egg tray tidak memiliki kandungan seperti *fly ash* sehingga pengikatan agregat tidak dapat dilakukan dengan maksimal.

Pada penelitian ini, peneliti juga membuat beton dengan menggunakan metode lain guna sebagai pembanding metode manakah yang lebih sesuai dalam pembuatan beton ini. Metode yang digunakan ialah dengan cara menambahkan semen sebagai substitusi agregat halus sebanyak 10%. Berikut merupakan hasil kuat tekan dari beton dengan metode tersebut.

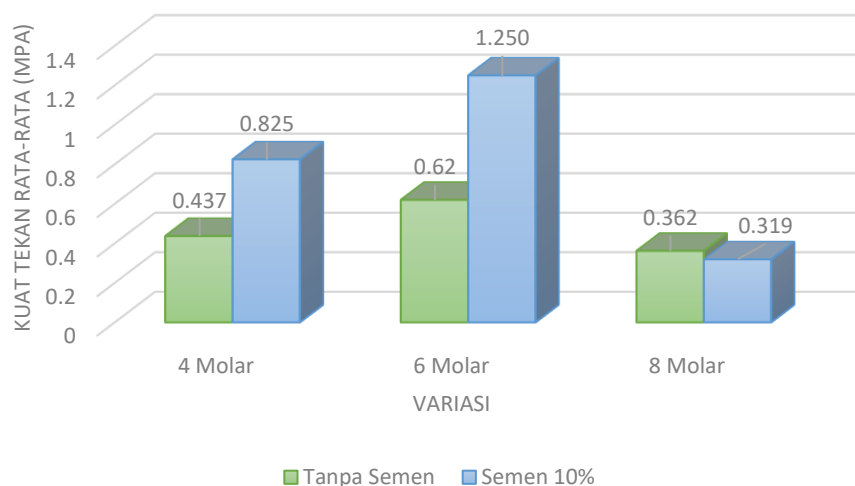
**Tabel 3.** Hasil Kuat Tekan Beton dengan Metode Lain

| N o | Benda Uji | Beban Proving Ring | Beban, P (N) | Luas Penampang, A (mm <sup>2</sup> ) | Kuat Tekan, f <sub>c</sub> (Mpa) | Rata-Rata |
|-----|-----------|--------------------|--------------|--------------------------------------|----------------------------------|-----------|
| 1   | GPS-4     | 0,0                | 0,0          | 7854,0                               | 0,000                            | 0,825     |

|   |       |      |         |        |       |       |
|---|-------|------|---------|--------|-------|-------|
| 2 |       | 0,0  | 0,0     | 7854,0 | 0,000 |       |
| 3 |       | 0,0  | 0,0     | 7854,0 | 0,720 |       |
| 4 |       | 36,0 | 7969,9  | 7854,0 | 1,015 |       |
| 5 |       | 21,0 | 4649,1  | 7854,0 | 0,592 |       |
| 6 |       | 34,5 | 7637,8  | 7854,0 | 0,972 |       |
| 1 |       | 67,0 | 14832,9 | 7854,0 | 1,889 |       |
| 2 |       | 27,0 | 5977,4  | 7854,0 | 0,761 |       |
| 3 | GPS-6 | 33,0 | 7305,8  | 7854,0 | 0,930 | 1,250 |
| 4 |       | 12,0 | 2656,6  | 7854,0 | 0,338 |       |
| 5 |       | 56,0 | 12397,7 | 7854,0 | 1,579 |       |
| 6 |       | 71,0 | 15718,5 | 7854,0 | 2,001 |       |
| 1 |       | 0,0  | 0,0     | 7854,0 | 0,000 |       |
| 2 |       | 0,0  | 0,0     | 7854,0 | 0,000 |       |
| 3 | GPS-8 | 0,0  | 0,0     | 7854,0 | 0,000 | 0,319 |
| 4 |       | 12,0 | 2656,6  | 7854,0 | 0,338 |       |
| 5 |       | 11,0 | 2435,3  | 7854,0 | 0,310 |       |
| 6 |       | 11,0 | 2435,3  | 7854,0 | 0,310 |       |

Tabel hasil kuat tekan tersebut menunjukkan bahwa untuk nilai rata-rata kuat tekan yang didapatkan menggunakan metode substitusi semen 10% pada agregat halus untuk alkali aktivator sebanyak 4 molar, 6 molar, dan 8 molar ialah 0,825; 1,250; dan 0,319. Nilai optimum yang diperoleh ialah pada campuran alkali aktivator 6 molar yaitu sebesar 1,250 MPa.

Grafik perbandingan di atas menunjukkan kuat tekan rata-rata pada metode substitusi



**Gambar 1.** Grafik Perbandingan Kuat Tekan Rata-Rata Dua Metode

semen 10% pada agregat halus ini diperoleh hasil yang lebih baik apabila dibandingkan dengan hasil kuat tekan beton pada metode sebelumnya. Hal tersebut menunjukkan bahwa

abu limbah egg tray lebih baik digunakan sebagai bahan tambahan serta menggunakan semen sebagai bahan pengikat agar kuat tekan beton lebih optimum.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilaksanakan, nilai rata-rata yang diperoleh pada variasi yang terdapat substitusi semen sebanyak 10% pada pasir serta pada variasi tanpa substitusi semen memiliki selisih yang cukup signifikan. Untuk rata-rata kuat tekan beton variasi tanpa penambahan semen untuk alkali aktivator 4 molar, 6 molar, dan 8 molar ialah 0,437 MPa; 0,620 MPa; dan 0,362 MPa. Sedangkan, pada variasi dengan substitusi semen 10% pada pasir memiliki kuat tekan untuk alkali aktivator 4 molar, 6 molar, dan 8 molar ialah 0,825 MPa; 1,250 MPa; 0,319 MPa. Data tersebut menunjukkan bahwa pada variasi alkali aktivator 6 molar memiliki rata-rata kuat tekan tertinggi (optimum) jika dibandingkan dengan variasi yang lainnya.

Perolehan nilai kuat tekan yang kecil pada penelitian ini kemungkinan disebabkan karena abu egg tray tidak memiliki kandungan seperti fly ash sehingga pengikatan agregat tidak dapat dilakukan dengan maksimal. Penggunaan natrium sulfat ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) yang terlalu banyak dapat menjadi kristal-kristal, kemudian kristal tersebut dapat membuat beton keropos hingga hancur.

Peneliti berikutnya sebaiknya melakukan pengujian kandungan dari bahan yang hendak digunakan sebagai bahan pengganti semen agar mengetahui apakah bahan tersebut dapat digunakan untuk beton geopolimer atau tidak, serta lebih baik untuk melakukan uji coba (*trial and error*) terlebih dahulu sebelum membuat benda uji.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- Bahar, H., & Zahir, M. (2023). Pengujian Sifat Fisika Dan Kimia Semen Yang Dibuat Dengan Menggunakan Bahan Baku Limbah Abu Kertas. *Cokroaminoto Journal of Chemical Science*, 5(2), 55–59.
- Departemen Pekerjaan Umum. "Tata Cara Rencana Pembuatan Campuran Beton Ringan dengan Agregat Ringan". SNI 03-3449-2002.
- Mulyati, & Yulandi, W. (2021). PEMANFAATAN ABU KERTAS DAN SERBUK CANGKANG LOKAN PADA CAMPURAN BETON NORMAL DENGAN MENGGUNAKAN SIKACIM CONCRETE ADDITIVE. *Ensiklopedia of Journal*, 3(4), 6.
- Rafael, J., Lukas, A., Mata, A., & Daga, W. (2022). Pengaruh Penambahan Superplasticizer Pada Beton Dengan Limbah Egg Tray Terhadap Kuat Tekan Beton Untuk Pembuatan Beton Ramah Lingkungan. *Juteks-Jurnal Teknik Sipil*, 7(2), 69–73.
- Rhufyano, A. F., Sari, P., & Sabila, N. I. (2017). Pemanfaatan Wadah Telur Bekas Berbasis Kertas Menjadi Batako Ramah Lingkungan Sebagai Upaya Mengurangi Limbah Kertas. In *Lomba Karya Tulis Ilmiah Diponegoro Chemistry Fair (Issue 0022115388)*.
- Tarru, R. O., RD, E. A., Tarru, H. E., & Tandil, M. (2018). Pengaruh Limbah Egg Tray dan Sekam Bakar Terhadap Nilai Kuat Tekan Beton Ringan. *Prosiding Seminar Hasil Penelitian (SNP2M)*, 2018, 148–153.
- Ulya, M., Zainuddin, & Santoso, T. B. (2023). Studi Eksperimental Kuat Tekan Beton Geopolimer Berbasis Fly Ash dengan  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  dan  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  sebagai Aktivator. *INTESI: Seminar Nasional Teknik Sipil*, 1(1), 234–243.