

**BATAKO GREEN MATERIAL****I GEDE YOHAN KAFRAIN, HENCE RORING, FENNY MONIAGA**

Program Studi Teknik Sipil, Universitas Katolik De La Salle Manado, Kombos Kairagi I Manado

Email: [ikafrain@unikadelasalle.ac.id](mailto:ikafrain@unikadelasalle.ac.id)DOI: <http://dx.doi.org/10.31869/rtj.v7i1.4984>

**Abstrak.** Beberapa tahun terakhir telah banyak dilakukan pengembangan material dinding yang berasal dari limbah, seperti limbah abu sekam, limbah botol plastik, limbah bijih plastik dan limbah *fly ash*. Tujuan dilakukan penelitian ini adalah membuat batako dari bahan limbah plastik dan limbah *fly ash* namun tidak menggunakan bahan semen sebagai pengikat tetapi menggunakan alkali aktivator. Dengan tidak menggunakan semen dan digunakannya limbah *fly ash* serta limbah plastik maka ini akan dapat mengurangi pencemaran lingkungan baik akibat produksi dari semen maupun akibat limbah plastik yang sudah menjadi permasalahan global. Dalam penelitian ini batako dibuat dengan cara mencampurkan plastik, *fly ash* dan alkali aktivator sebagai bahan pengikat. Variasi campuran yang digunakan yaitu perbandingan plastik dan *fly ash* dengan kadar plastik 50%, 30% dan 20%. Dalam penelitian ini didapatkan kuat tekan beton batako *green material* berturut-turut adalah 49,46 kg/cm<sup>2</sup>, 106,35 kg/cm<sup>2</sup>, 125,29 kg/cm<sup>2</sup>. Berat isi batako *green material* yaitu 1,326 kg/cm<sup>3</sup>, 1,482 kg/cm<sup>3</sup> dan 1,502 kg/cm<sup>3</sup>. Penyerapan air batako *green material* yaitu 8,29%, 6,49% dan 5,36%. Berdasarkan SNI 03-0349-1989 batako *green material* dengan kadar plastik 50% masuk dalam batako pejal mutu III, sedangkan dengan kadar plastik 30% dan 20% masuk dalam batako pejal mutu I.

**Keywords:** Batako, Plastik, Fly Ash, Green Material

**Abstract.** *In recent years, there has been a lot of development of wall materials derived from waste, such as husk ash waste, plastic bottle waste, plastic ore waste and fly ash waste. The aim of this research is to make bricks from plastic waste and fly ash waste but not using cement as a binder but using an alkali activator. By not using cement and using fly ash waste and plastic waste, this will reduce environmental pollution both due to cement production and plastic waste which has become a global problem. In this research, bricks were made by mixing plastic, fly ash and alkali activator as a binding agent. The mixture variations used are the ratio of plastic and fly ash with plastic content of 50%, 30% and 20%. In this research, the compressive strength of green material brick concrete was found to be 49.46 kg/cm<sup>2</sup>, 106.35 kg/cm<sup>2</sup>, and 125.29 kg/cm<sup>2</sup> respectively. The weight of the green material bricks is 1.326 kg/cm<sup>3</sup>, 1.482 kg/cm<sup>3</sup> and 1.502 kg/cm<sup>3</sup>. The water absorption of green material bricks is 8.29%, 6.49% and 5.36%. Based on SNI 03-0349-1989 green material bricks with a plastic content of 50% are included in quality III solid bricks, while those with plastic content of 30% and 20% are included in quality I solid bricks*

**Keywords:** Brick, Plastic, Fly Ash, Green Material

**A. Pendahuluan**

Setiap bangunan rumah pada umumnya pasti terdapat dinding yang digunakan untuk memisahkan antar ruangan. Saat ini telah berkembang berbagai macam dinding yang dapat digunakan sebagai penyekat atau pemisah ruangan, mulai dari dinding partisi yang terbuat dari panel-panel seperti panel multipleks, gypsum, panel GRC, kalsiboard maupun panel beton ringan dari limbah Styrofoam/*polystyrene*. Selain dinding partisi di pasaran juga terdapat banyak material dinding yang terbuat dari tanah maupun beton seperti, batu bata, bata *interlock*, batako, *hollow break*, batako ringan dan batako *interlock*. Pada umumnya batako yang menggunakan material limbah masih menggunakan campuran beton dalam pembentukannya seperti semen, pasir dan air dengan material tambah bahan dari limbah, baik itu abu sekam, botol plastik/bijih plastik dan *polystyrene*. Sampai saat ini belum banyak dikembangkan bahan penyusun batako dengan material limbah lebih dominan dibandingkan

dengan material dasar penyusun beton seperti pasir dan semen sehingga dapat dikatakan batako *green material*.

Pendekatan pemecahan masalah dalam penelitian ini batako yang akan dibuat menggunakan material yang berasal dari limbah yaitu limbah plastik dan limbah *fly ash*, dengan menggunakan bahan tambah alkali aktivator sebagai pengikat. Dalam penelitian ini tidak lagi menggunakan semen dan pasir, sehingga batako hasil penelitian ini dapat dikatakan sebagai batako ramah lingkungan (batako *green material*) yang memanfaatkan materi limbah sebagai bahan penyusunnya.

Penelitian mengenai memanfaatkan limbah *fly ash* untuk dijadikan bahan tambah campuran batako dengan persentase *fly ash* sebesar 0%, 3%, 5%, 7% dan 9%. Perbandingan semen dan pasir digunakan 1:8 dengan FAS 0,55. Penelitian ini mendapatkan kuat tekan batako tertinggi yaitu 59,107 kg/cm<sup>2</sup> pada campuran *fly ash* 5% (zhandy, 2012)

Penelitian "*Green bricks for masonry structures*" dengan variasi campuran *fly ash* yaitu 0,2%, 0,3%, 0,4%. Pada penelitian yang dilakukan menggunakan agregat kasar, agregat halus serta bahan tambah yaitu *Alkali Solution*, NaOH dan *Sodium Silicate*. Dari penelitian ini didapatkan hasil untuk batako F90 secara berurut yaitu 0,454 MPa, 0,736 MPa, 0,988 MPa dan 2,295 Mpa. (Joseph, B. et.al 2013).

Hasil dari penelitian (Mashuri et.al, 2012), yang meneliti mengenai Penggunaan Abu Terbang (*Fly Ash*) untuk pembuatan batako di Kota Palu. Persentase penggunaan *fly ash* terhadap komposisi semen adalah 25% dari volume semen yang digunakan. Diperoleh Kuat tekan batako pada umur 28 hari dengan penambahan *fly ash* memiliki kuat tekan 61,88 kg/cm<sup>2</sup> dan batako yang tidak diberikan tambahan *fly ash* memiliki kuat tekan sebesar 58,30 kg/cm<sup>2</sup>. Dengan adanya penambahan *fly ash* pada campuran batako diperoleh adanya peningkatan kekuatan batako.

Penelitian mengenai kuat tarik lentur beton *geopolymer* yang menggunakan *fly ash* sebagai bahan tambah dilakukan oleh Paat, F.E.S. Pada penelitian ini digunakan bahan tambah *sodium silikat* dan *sodium hidrosida* serta bahan *superplastisizer Viscocrete-10*. Kuat tekan tertinggi yang dihasilkan dari penelitian ini pada saat umur beton 24 jam yaitu 27,46 Mpa (Paat, F.E.S. et.al, 2014).

Kusdiyono tahun 2018 meneliti mengenai penambahan limbah plastik yang bervariasi untuk mengetahui pengaruhnya pada kekuatan tekan batako, dengan variasi penambahan limbah plastik terdiri dari 10 variasi yaitu mulai dari 0,1% sampai 1,0%. Dari hasil penelitian ini diketahui bahwa rata-rata kuat tekan tertinggi yaitu 35,21 kg/cm<sup>2</sup> pada penambahan 0,1% plastik (Kusdiyono. et.al, 2018).

Yohan tahun 2020 melakukan penelitian mengenai pembuatan batako menggunakan bijih plastik dan serat plastik sebagai bahan tambah, penelitian ini menghasilkan batako dengan bijih plastik termasuk dalam batako kelas II-III dengan kuat tekan tertinggi 63,88 kg/cm<sup>2</sup> dan batako dengan bahan tambah serat plastik masuk dalam batako mutu kelas IV dengan kuat tekan tertinggi 30,13 kg/cm<sup>2</sup>. (Yohan, et.al 2020).

Penelitian konduktivitas dan ketahanan api batako untuk bahan dinding yang dibuat dari *papercrete* serat menggunakan 25% *fly ash* sebagai pengganti semen, dihasilkan beton dengan kuat tekan tertinggi yaitu 41,927 kg/cm<sup>2</sup> dari varian 1:2:2 (Irfan Majid Fadholi, 2014). Penelitian yang dilakukan oleh Lailan Ni'mah, yang melakukan penelitian batako dari limbah botol plastik, menghasilkan kuat tekan tertinggi 40750 N/mm<sup>2</sup> dari variasi antara pasir dan plastik sebesar 1:1 dengan 3 layer (Lailan Ni'mah, et.al, 2019). Penelitian mengenai pemanfaatan lumpur sidoarjo dengan *fly ash* yang dilakukan oleh Arnold Phengkarsa, menghasilkan kuat tekan tertinggi 14 MPa dengan variasi campuran 40%:60%. (Arnold Phengkarsa, et.al, 2019).

Penelitian kuat tekan mortar dengan cara mensubstitusi semen secara parsial dengan *fly ash* menghasilkan kuat tekan tertinggi 27,71 MPa yang diperoleh dari variasi 1Pc:3Ps dengan substitusi *fly ash* sebesar 15% (Rudolv Wenno, et.al, 2014).

Satria tahun 2016 melakukan penelitian beton geopolimer dengan melakukan variasi waktu dalam pengambioan *fly ash*. Berdasarkan penelitian ini didapatkan hasil semakin tinggi nilai pH dan

Ca fly ash kuat tekan mortar menjadi semakin tinggi. Perbandingan kandungan Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>/NaOH sebesar 3 juga membuat nilai kuat tekan meningkat Satria et.al, (2016).

Kebaruan dari penelitian ini adalah pemanfaatan material limbah plastik dan limbah fly ash sebagai bahan penyusun batako serta tidak menggunakan semen sebagai bahan pengikat. Sehingga hasil penelitian ini bisa mengurangi limbah plastik, dapat memanfaatkan limbah fly ash serta mengurangi pencemaran lingkungan akibat produksi semen. Penelitian dengan penggunaan gabungan limbah plastik dan limbah fly ash sebagai material penyusun batako belum pernah dilakukan sebelumnya.

## B. Metode Penelitian

### Tahap Persiapan

Studi literatur dilakukan pada tahap ini, selain itu dilakukan juga pengumpulan material penelitian secara khusus botol plastik dan fly ash. Selain dari itu dilakukan juga pemesanan bahan tambah berupa Sodium Silikat dan Sodium Hidrosida.

### Bahan-bahan Penelitian

Material atau bahan pada penelitian ini yaitu Biji plastik dari limbah botol plastik, fly ash dari sisa pembakaran batu bara PLTU Amurang, Minahasa Selatan, serta Sodium Silikat dan Sodium Hidrosida.

### Alat-alat Penelitian

Adapun alat-alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu: Satu set alat pengujian berat jenis dan berat satuan, satu set alat pencetakan batako (bekisting, wadah pencampuran, cetok, alat pemadat, dst), satu set alat perawatan beton, alat pengujian berat jenis batako dan alat pengujian kuat tekan beton.

### Tahapan Dalam Penelitian

1. Pengujian bahan penyusun batako *green material*  
Pengujian material dasar yaitu pengujian berat isi dan berat jenis dari biji plastik serta fly ash.
2. Pembuatan campuran aktivator  
Pembuatan campuran aktivator dilakukan dengan tingkat molaritas 8 (M8) dan perbandingan 1:1 dengan natrium hidrosida. Untuk menghitung masa NaOH dapat digunakan persamaan sebagai berikut (Aprillia Rizky Triyanti, 2017):  

$$N_{mol} = M \times v$$

$$\text{Masa NaOH} = n_{mol} \times Mr$$
 Keterangan:  
 $N_{mol}$  = Jumlah mol zat terlarut  
 $M$  = Tingkat molaritas  
 $V$  = Volume larutan
3. Pembuatan batako *green material* sebagai benda uji  
Dalam pembuatan batako *green material* dilakukan terlebih dahulu *trial mix* untuk menentukan kebutuhan volume material dalam pembuatan batako maupun silinder. Setelah diperoleh mix desain volume campuran, selanjutnya dibuat benda uji batako dan silinder.
4. Melakukan Pengujian batako *green materil*  
Pengujian-pengujian yang dilakukan yaitu pengujian serapan air batako *green materil*, berat isi batako *green materil*, kuat tekan batako *green materil* dan silinder beton.

### Metode Analisis Data

#### 1. Analisis kuat tekan batako *green material*

Kuat tekan batako *green material* dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$f^c = P_u/A$$

Ket:

$$f^c = \text{kuat tekan beton (kg/cm}^2\text{)}$$

Pu = Beban optimum (kg)

A = Luas penampang (cm<sup>2</sup>)

Pada penelitian ini menggunakan silinder dengan ukuran diameter 100 mm dan tinggi silinder 200 mm maka berdasarkan *SNI 1974:2011 tentang Metode Pengujian Kuat Tekan Beton* perlu dilakukan korelasi dengan faktor korelasi yaitu 1,04. (Lampiran A, *SNI 1974:2011*)

Tabel 1. Syarat-syarat Fisis Bata Beton

Syarat Fisis	Satuan	Tingkat mutu bata beton pejal			
		I	II	III	IV
1. Kuat tekan bruto rata-rata min.	kg/cm <sup>2</sup>	100	70	40	25
2. Kuat tekan bruto masing-masing benda uji min.	kg/cm <sup>2</sup>	90	65	35	21
3. Penyerapan air rata-rata	%	25	35	-	-

Sumber: (*SNI 03-0349-1989, Bata Beton Untuk Pasangan Dinding*, 1989, p. 03), *Bata beton untuk pasangan dinding*

## 2. Analisis berat isi dari batako *green material*

Untuk mengetahui berat isi dari batako *green material*, dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$w = W/V$$

Ket:

w = Berat isi (kg/m<sup>3</sup>)

W = Berat benda uji (kg)

V = Volume benda uji (m<sup>3</sup>)

Tabel 2 Jenis beton ringan

Jenis beton ringan	Kuat Tekan (MPa)	Berat isi (kg/m <sup>3</sup> )
Struktural		
• Minimum	17,24	1400
• Maksimum	41,36	1850
Struktural ringan		
• Minimum	6,89	800
• Maksimum	17,24	1400
Struktural sangat ringan sebagai isolasi		
• Minimum	-	-
• Maksimum	-	800

Sumber: (*SNI 03-3449-2002*)

## C. Hasil dan Pembahasan

### A. Menyiapkan bahan penyusun batako *green material*

Botol plastik diperoleh dari TPA Sumompo Kota Manado melalui pengumpul botol plastik. Material *fly ash* diambil dari sisa pembakaran batu bara di PLTU Amurang, Minahasa Selatan. Bahan pengikat alkali aktivator yaitu Sodium Hidrosida dan Sodium Silikat diperoleh dari toko kimia yang ada di Kota Manado.



Gambar 1. Sodium Silikat dan Sodium Hidrosida Bahan Pengikat Material Batako

Gambar 2. Biji Plastik dan *Fly Ash* sebagai Bahan Penyusun Batako**B. Mix aktivator (Air, Sodium Hidrosida dan Sodium Silikat)**

Mr Sodium Hidrosida = 40 (Na = 23, O = 16 dan H = 1). Maka masa Sodium Hidrosida untuk 1 liter larutan =  $8 \text{ mol} \times 40 \text{ gram/mol} = 320 \text{ gram}$



Gambar 3. Pembuatan Mix Aktivator dari Sodium Hidrosida dan Sodium Silikat

**C. Pengujian Bahan Penyusun Batako *Green Material***

Pengujian bahan penyusun batako *green materil* ini terdiri dari pengujian gradasi biji plastik, berat isi biji plastik, dan berat jenis biji plastik dari limbah botol plastik.



Gambar 3. Pengujian Berat isi, Berat jenis dan Gradasi Biji Plastik

Gambar 5. Pengujian Berat isi, Berat jenis *Fly Ash*

Hasil pengujian bahan dasar penyusun batako *green material* dapat dilihat pada Tabel 3-5.

### 1. Hasil Pengujian Berat Jenis Biji Plastik

Tabel 3. Berat Jenis Biji Plastik

Sampel	1	2	Rata-rata
Berat Jenis Bulk (gr/cc)	1.220	1.214	1.217
Berat Jenis SSD (gr/cc)	1.232	1.222	1.227
Berat Jenis Semu (gr/cc)	1.234	1.224	1.229
Penyerapan (%)	0.959	0.705	0.832

Sumber: hasil laboratorium 2023

### 2. Hasil Pengujian Berat Isi Biji Plastik

Tabel 4. Hasil Uji Berat isi Biji Plastik

Sample	1	2
Berat wadah (A) gr	7820	7820
Berat sampel + wadah (B) gr	14818	14806
Berat sample (C=B-A) gr	6998	6986
Berat wadah+ Air (D) gr	17600	17600
Berat Air/Isi wadah (E = D-A) gr	9780	9780
Berat isi (F =C/E) gr/cc	0.716	0.714
Rata-rata berat isi	0.715	

Sumber: hasil laboratorium 2023

### 3. Hasil Pengujian Berat Isi *Fly Ash*

Tabel 5. Berat isi *Fly Ash*

Sample	1	2
Berat wadah (A) gr	7820	7820
Berat sample + wadah (B) gr	14618	14606
Berat sample (C=B-A) gr	6798	6786
Berat mould + Air (D) gr	17600	17600
Berat Air/Isi wadah (E = D-A) gr	9780	9780
Berat isi (F =C/E) gr/cc	0.695	0.694
Rata-rata berat isi	0.694	

Sumber: hasil laboratorium 2023

### D. Pembuatan Benda Uji

Selesai pengujian bahan dasar, maka langkah selanjutnya adalah melakukan mix desain campuran batako ukuran 20cm x 10 cm x 8 cm serta benda uji silinder dengan dimensi D = 10 cm, H

= 20 cm. Mix desain dibuat beberapa variasi yaitu : Plastik 20 % dan *fly ash* 80%, Plastik 30 % dan *fly ash* 70%, Plastik 50 % dan *fly ash* 50%.



Gambar 6. Pembuatan Benda Uji Silinder dan Benda Batako *Green Material*

### E. Pengujian Batako *Green Material* dan Silinder Beton

Pengujian benda uji silinder dan batako dilakukan beberapa pengujian yaitu pengujian serapan air batako, berat isi batako, kuat tekan silinder beton. Pengujian sampel dilakukan pada umur 21 hari.



Gambar 7. Pengujian Serapan Air dan Berat Isi Batako



Gambar 8. Pengujian Kuat Tekan

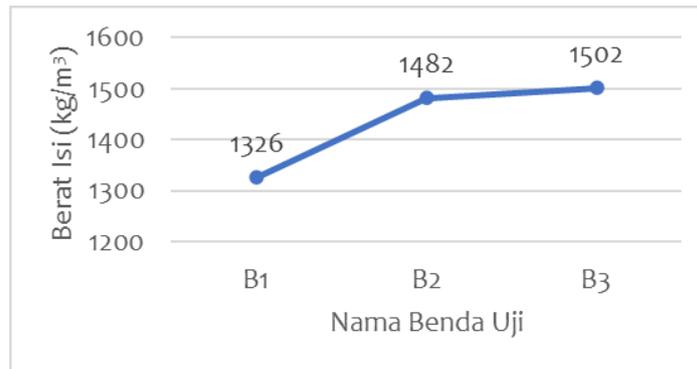
### F. Analisis Hasil Pengujian

#### 1. Berat isi batako *green material*

Tabel 6. Hasil Pengujian Berat Isi Batako *Green Material*

Nama Benda Uji	Benda Uji			Berat rata-rata (kg)	Volume (m <sup>3</sup> )	Berat Isi (kg/m <sup>3</sup> )
	1	2	3			
B1	2.145	2.160	2.060	2.122	0.00160	1326
B2	2.373	2.332	2.408	2.371	0.00160	1482
B3	2.410	2.411	2.388	2.403	0.00160	1502

Sumber: Hasil pengujian laboratorium 2023

Gambar 9. Grafik Berat Isi Batako *Green Material*

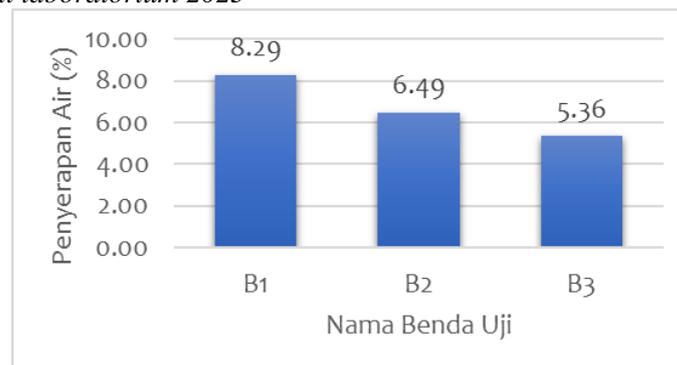
Tabel 6 dan Gambar 9, menunjukkan bahwa berat isi dari batako *green material* tertinggi yaitu 1502 kg/m<sup>3</sup> yang dihasilkan dari benda uji B3 yaitu dengan proporsi campuran plastik sebanyak 20%. Dari grafik yang ada dapat diketahui pula bahwa semakin sedikit proporsi campuran plastik terhadap *fly ash* maka berat isi dari batako semakin meningkat, ini menunjukkan bahwa, kandungan plastik yang semakin banyak dalam campuran batako *green material* maka semakin ringan batako yang dihasilkan. Berdasarkan SNI 03-3449-2002 Beton ringan untuk struktur minimum adalah 1400 kg/m<sup>3</sup>. Berdasarkan hasil penelitian ini dapat diketahui bahwa beton batako *green material* yang dihasilkan adalah termasuk dalam beton ringan.

## 2. Penyerapan air batako green material

Tabel 7. Hasil Pengujian Penyerapan Air Batako *Green Material*

Nama Benda Uji	Benda Uji			Penyerapan Air Rata-Rata (%)
	1	2	3	
B1	8.16	8.52	8.20	8.29
B2	6.45	6.99	6.02	6.49
B3	5.02	5.47	5.57	5.36

Sumber: Hasil laboratorium 2023

Gambar 10. Grafik Penyerapan Air Batako *Green Material*

Tabel 7 dan Gambar 10, menunjukkan bahwa penyerapan air dari batako *green material* tertinggi yaitu 8,29% yang dihasilkan dari benda uji B1 yaitu dengan proporsi campuran plastik sebanyak 50%. Dari grafik juga diketahui bahwa semakin banyak proporsi campuran plastik terhadap *fly ash* maka penyerapan air dari batako semakin meningkat, maka dapat dikatakan semakin banyak kandungan plastik dalam campuran batako *green material* maka semakin banyak rongga batako yang dihasilkan.

SNI 03-0349-1989, mensyaratkan penyerapan air maksimum yang diijinkan pada batako yaitu sebesar 25%-35%. Dengan demikian maka dapat diketahui bahwa batako *green material* memenuhi persyaratan penyerapan air batako pejal.

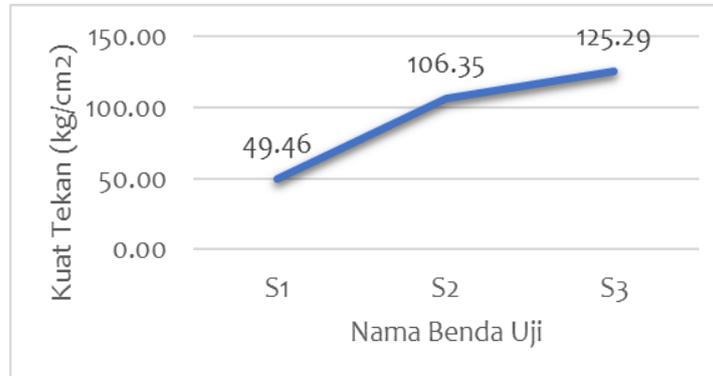
## 3. Hasil pengujian kuat tekan

Hasil dari pengujian silinder beton yang diperoleh terlebih dulu dikorelasi terhadap kuat tekan beton silinder berdasarkan diameter ( $L/D = 2$ )

Tabel 8. Hasil Pengujian Kuat Tekan Silinder

Nama Benda Uji	Hasil Pengujian (Kg/cm <sup>2</sup> )			Rata-rata Hasil Pengujian Kuat Tekan (Kg/cm <sup>2</sup> )	Hasil Koreksi Dimensi
	1	2	3		
S1 50%	63.96	47.05	31.65	47.55	49.46
S2 30%	109.49	123.99	73.30	102.26	106.35
S3 20%	132.21	106.13	123.06	120.47	125.29

Sumber: Hasil laboratorium 2023



Gambar 11. Grafik Hasil Uji Kuat Tekan Silinder Beton

Tabel 8 dan Gambar 11, menunjukkan bahwa kuat tekan dari beton batako *green material* tertinggi yaitu 125,29 kg/cm<sup>2</sup> yang dihasilkan dari benda uji S3 yaitu dengan proporsi campuran plastik sebanyak 20%. Dari grafik yang ada juga dapat diketahui bahwa semakin banyak proporsi campuran plastik terhadap *fly ash* maka kuat tekan yang dihasilkan semakin menurun, ini menunjukkan bahwa, semakin banyak kandungan plastik dalam campuran batako *green material* maka semakin menurun kuat tekan batako yang dihasilkan.

Dari hasil uji kuat tekan yang diperoleh maka dapat diketahui bahwa benda uji dengan proporsi campuran kadar plastik 50% masuk dalam mutu batako pejal III dengan kuat tekan minimal 40 kg/cm<sup>2</sup>. Sedangkan proporsi campuran dengan kadar plastik 30% dan 20% masuk dalam mutu batako pejal I.

#### D. Penutup

Dari pengujian dan analisis yang telah dilakukan seperti pada pembahasan di atas, maka dapat ditarik kesimpulan diantaranya:

1. Kekuatan batako berbanding lurus dengan proporsi campuran plastik dalam batako. Semakin besar kandungan plastik dalam batako maka semakin kecil kekuatan batako yang dihasilkan.
2. Terjadi peningkatan mutu batako kandungan plastik 50% ke 20% sebesar 253%.
3. Kuat tekan beton batako *green material* yang dihasilkan dari proporsi campuran plastik 50%, 30% dan 20% secara berturut-turut yaitu 49,46 kg/cm<sup>2</sup>, 106,35 kg/cm<sup>2</sup>, 125,29 kg/cm<sup>2</sup>.
4. Batako *green material* dengan proporsi campuran plastik 50% termasuk dalam batako pejal kelas III. Sedangkan batako *green material* dengan proporsi campuran plastik 30% dan 20% termasuk dalam batako pejal kelas I.
5. Batako *green material* masuk dalam kelas beton ringan dengan berat isi batako 1326 kg/m<sup>3</sup> – 1502 kg/m<sup>3</sup>.

**Daftar pustaka**

- Arnold phengkarsa, hendra s. Wibawa, djwantoro hardijito, (2019), pembuatan batako dengan memanfaatkan campuran *fly ash* dan lumpur sidoarjo dengan kadar yang tinggi, *dimensi pratama teknik sipil*, issue:2, vol.3, pp.1-8.
- Aprilia rizky triyanti, (2017), studi pemanfaatan *fly ash* dan limbah *sandblasting (silica fume)* pada binder geopolimer, *skripsi*, jurusan bangunan gedung, program studi diploma iv teknik sipil lanjut jenjang, institut teknologi sepuluh nopember, surabaya.
- Badan standarisasi nasional, (1989), *standar nasional indonesia nomor 03-0349 tahun 1989 tentang bata beton untuk pasangan dinding*, jakarta.
- Badan standarisasi nasional, (2002), *standar nasional indonesia nomor 03-3449-2002, tata cara rencana pembuatan campuran beton ringan dengan agregat ringan*, jakarta.
- Badan standarisasi nasional, (2011), *standar nasional indonesia nomor 1974 tahun 2011 tentang cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder*, jakarta.
- Benny joseph, arya lakshmi a, srath k.t, sirajudeen c.h, vyshnavu m. (2013), *green bricks for masonry structures, cusat national conference*, india, 13-15 desember 2013.
- Filia eunike sofia paat, steenie e. Wallah, reky s. Windah, (2014), kuat tarik lentur beton geopolimer berbasis abu terbang (*fly ash*), *jurnal sipil statik*. Issue:2, vol.7, pp.337-343.
- Irfan majid fadholi, (2014), konduktivitas dan ketahanan api batako papercrete dengan 25% *fly ash* menggantikan berat semen sebagai material dinding bangunan, *skripsi*, jurusan teknik sipil, program studi teknik sipil, universitas islam indonesia, yogyakarta.
- Juan satria, agung sugiarto, antoni, djwantoro hardjito, (2016), karakteristik beton geopolimer berdasarkan variasi waktu pengambilan *fly ash*, *dimensi pratama teknik sipil*, issue:1, vol.5, pp.1-8.
- Kusdiyono, supriyadi, moch. Tri rochadi, herry ludiro w, (2018), pengaruh variasi penambahan limbah plastik terhadap kekuatan tekan batako dalam upaya pemanfaatan limbah, *jurnal wahana teknik sipil*. Issue:23, vol.2, pp.64-76.
- Lailan ni`mah, isna syauqiah, agus mirwan, doni rahmat wicakso, hesti wijayanti, (2019), batako dari limbah botol plastik: tinjauan kuat tekan, *al ulum sains dan teknologi*, issu: 1, vol.5, pp.26-29.
- Mashuri, andi arham adam, rahmatag rahman, arief setiawan, (2012), penggunaan abu terbang batu bara pada pembuatan batako di kota palu, *majalah ilmiah mektek*, issue:xiv vol.3, pp.85-92.
- Milanium, Milanium, et al. "PEMBERDAYAAN MASYARAKAT MELALUI PENGOLAHAN LIMBAH PLASTIK PASAR AUR KUNING SEBAGAI PERWUJUDAN RUMAH SAMPAH DIGITAL TAROK DIPO GUNA MENINGKATKAN PEREKONOMIAN MASYARAKAT." *Ensiklopedia of Journal* 5.3 (2022): 205-209.
- Rudolfo wanno, steenie e. Wallah, ronny pandaleke, (2014), kuat tekan mortar dengan menggunakan abu terbang (*fly ash*) asal pltu amurang sebagai substitusi parsial semen, *jurnal sipil statik*, issue:5, vol.2, pp.252-259.
- Yohan, hence, fenny, (2020), batako interlock material komposit, *indonesian journal of fundamental sciences*, issu: 2, vol.6, pp.113-126.
- Zhandy, (2012), pengaruh bahan tambah *fly ash* terhadap karakteristik batako menggunakan teknologi manual blok getar. *Skripsi*, jurusan teknik sipil, program studi strata i teknik, universitas jember, jember.