

## Pemanfaatan Limbah Plastik Hdpe Sebagai Pengganti Agregat Kasar Tertentu Pada Campuran Beton Ringan

Afif Kusuma Wardana<sup>1</sup>, Wahyu Kartini<sup>2</sup>, Made Dharma Astawa<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik

Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur, Indonesia

(<sup>1</sup>[Afifkusumawardana@gmail.com](mailto:Afifkusumawardana@gmail.com); <sup>2</sup>[wahyu.ts@upnjatim.ac.id](mailto:wahyu.ts@upnjatim.ac.id); <sup>3</sup>[masdawa@yahoo.com](mailto:masdawa@yahoo.com))

### ABSTRAK

Beton ringan merupakan pengembangan ilmu pengetahuan dari teknologi material, salah satu inovasi pengembangan beton ringan dengan memanfaatkan plastik HDPE ke dalam campuran beton. Plastik HDPE merupakan jenis polimer yang memiliki tingkat kerapatan tinggi yang bersifat fleksibel, tahan terhadap benturan, tahan terhadap temperatur rendah, dan berat jenis plastik HDPE tergolong ringan yaitu sebesar 941-965 kg/m<sup>3</sup>. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode *trial and test* dengan faktor air semen yang direncanakan 0,5 dan *slump* yang direncanakan 75-100 mm. Variasi substitusi parsial agregat kasar plastik HDPE sebesar 75%, 80%, 85%, dan 90% dari volume agregat kasar. variasi HDPE 75% kuat tekan yang didapatkan sebesar 9.805 Mpa, didapatkan nilai porositas 10,90%, serta nilai modulus elastisitas 10824,4154 MPa. Pada variasi HDPE 80% yakni kuat tekan sebesar 9,710 MPa mengalami penurunan 0.969%, didapatkan nilai porositas 11,10% mengalami peningkatan 1,83%, serta nilai modulus elastisitas 9910,7767 MPa. Pada variasi HDPE 85% kuat tekan yang didapatkan sebesar 8,862 MPa mengalami penurunan 9.618%, didapatkan nilai porositas 11,62% mengalami peningkatan 6,61%, serta nilai modulus elastisitas 9275,862 MPa. Pada variasi HDPE 90% kuat tekan yang didapatkan sebesar 8,013 MPa mengalami penurunan 18,276%, didapatkan nilai porositas 11,91% mengalami peningkatan 9,27%, serta nilai modulus elastisitas 8749,4147 MPa. Secara umum dengan bertambahnya agregat ringan kualitas beton ringan mengalami penurunan baik kuat tekan, porositas maupun modulus elastisitas sehingga nilai optimum pada penelitian beton ringan dengan substitusi agregat ringan plastik HDPE yakni pada variasi 75%.

**Kata Kunci :** *Beton ringan, Plastik HDPE, Kuat tekan, Porositas, Modulus elastisitas*

### ABSTRACT

Lightweight concrete is a scientific development of technological materials, one of the innovations in the development of lightweight concrete by utilizing HDPE plastic into the concrete mixture. HDPE plastic is a type of polymer that has a high-density level that is flexible, resistant to impact, resistant to low temperatures, and a relatively light density of HDPE plastic, which is 941-965 kg / m<sup>3</sup>. This research was conducted using trial and test methods with factors cement water which is planned is 0.5 and slump which is planned is 75-100 mm. The partial substitution variations of HDPE plastic coarse aggregate were 75%, 80%, 85%, and 90% of the volume of coarse aggregate. The variation of 75% HDPE compressive strength obtained is 9.805 MPa, the porosity value is 10.90%, and the modulus of elasticity is 10824.4154 MPa. In the 80% HDPE variation, the compressive strength of 9.710 MPa decreased 0.969%, the porosity value was 11.10%, increased by 1.83%, and the modulus of elasticity was 9910.7767 MPa. In the HDPE variation of 85%, the compressive strength obtained was 8,862 MPa, it decreased by 9.618%, got the porosity value of 11.62%, increased by 6.61%, and the modulus of elasticity was 9275.862 MPa. At 90% HDPE variation, the compressive strength obtained was 8,013 MPa, decreased by 18,276%, obtained a porosity value of 11.91%, an increase of 9.27%, and the modulus of elasticity was 8749.4147 MPa. In general, with the increase in the light aggregate, the quality of concrete has decreased both in compressive strength, porosity, or modulus elasticity so that the optimal value in the study of lightweight concrete with lightweight HDPE plastic substitution is at a variation of 75%.

**Keywords :** *Lightweight Concrete, HDPE Plastic, Compressive strength, Porosity, Elastic Modulus*

## I. PENDAHULUAN

Beton yang umum digunakan di Indonesia adalah beton normal, beton normal adalah beton yang memiliki berat jenis 2200-2500 kg/m<sup>3</sup> [1]. Beton normal dengan mutu yang baik dapat dilihat dari kuat tekan yang diterima beton, yang dipengaruhi oleh material, workability, faktor air-semen, dan bahan tambahan kimia lainnya jika diperlukan. Beton pada umumnya dibuat dari campuran semen portland dan air sebagai bahan pengikat, agregat kasar, dan agregat halus sebagai pengisi. Beton memiliki berbagai macam jenis, salah satunya adalah beton ringan, sehingga akan menjadi bahan kajian yang menarik untuk dikaji [2].

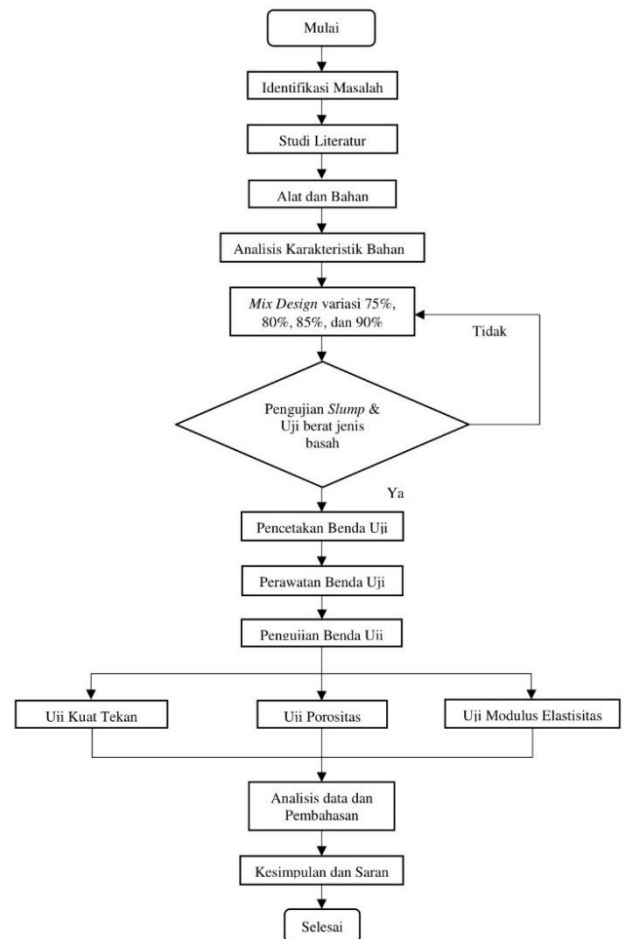
Beton ringan adalah beton yang memiliki berat jenis ringan antara 1400-1850 kg/m<sup>3</sup> [3]. Beton ringan dalam suatu aplikasi mampu mereduksi beratnya sendiri sehingga dapat memperkecil dimensi suatu struktur, hal ini akan menghasilkan kinerja struktur yang lebih baik dalam menerima beban gempa, mengingat Indonesia merupakan daerah yang rawan gempa [4].

Salah satu jenis plastik yang sering dijumpai di masyarakat yaitu HDPE (high-density polyethylene) merupakan jenis polimer yang memiliki tingkat kepadatan tinggi yang bersifat fleksibel, tahan benturan, tahan terhadap suhu rendah [5]. Penggunaan plastik HDPE sebagai agregat buatan merupakan alternatif pengganti agregat kasar karena berat jenis plastik HDPE relatif ringan, yaitu 941-965 kg/m<sup>3</sup> [6].

Plastik HDPE dapat ditemukan di fasilitas pengolahan sampah plastik salah satunya di Desa Kejagan Kecamatan Trowulan Kabupaten Mojokerto dimana sampah plastik dipilah berdasarkan jenisnya dan digiling menjadi butiran yang lebih kecil, kemudian plastik tersebut dicairkan dan digerus kembali sehingga menyerupai agregat kasar.

## II. METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode trial-and-error dengan mengurangi persentase agregat kasar untuk setiap sampel seiring dengan meningkatnya variasi agregat ringan pada beton.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

### 2.1 Bahan

1. Agregat kasar buatan dari Plastik HDPE dengan ukuran maksimal 20 mm.



Gambar 2. Agregat Kasar Plastik HDPE

2. Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan berasal dari pasir Lumajang.

3. Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan berasal dari Merak dengan ukuran agregat maksimal 20mm.

#### 4. Semen

Semen yang digunakan adalah semen portland tipe I dari PT. Semen Indonesia.

#### 5. Air

Air yang digunakan adalah air PDAM Surabaya.

#### 6. Fly Ash

Fly ash yang digunakan adalah fly ash tipe F dari limbah PLTU Paiton.

#### 7. Superplasticizer

Superplasticizer yang digunakan adalah Console SS-8 produk PT. Kimia Konstruksi Indonesia.

### 2.2 Karakteristik Bahan

Analisis agregat halus menurut standar ASTM sebagai berikut:

- Uji kelembaban menurut ASTM C 566-89 [7].
- Uji berat jenis menurut ASTM C 128-78[8].
- Uji air resapan menurut ASTM C 128-93 [8].
- Uji berat volume menurut ASTM C 29-91 [9].
- Uji kebersihan pasir pada bahan organik menurut ASTM C 40-92 [10].
- Uji analisis filter menurut ASTM C 136-95a [11]

Analisis agregat kasar menurut standar ASTM sebagai berikut:

- Uji kelembaban menurut ASTM C 566-89 [12].
- Uji berat jenis menurut ASTM C 127-88-93 [7].
- Uji air resapan menurut ASTM C 127-88-93 [7].
- Uji berat volume menurut ASTM C 29-91
- Bersihkan batu pecah dari lumpur menurut ASTM C 117-95 [9].
- Uji analisis filter menurut ASTM C 136-95a [11].

### 2.3 Mix Design

ACI 211.2-98 [13] Beton ringan dalam panduan menentukan kuat tekan desain, kuat tekan beton ringan dikendalikan dengan kekuatan desain yang terkait dengan faktor air-semen 0,68-0,82. Menentukan denah beton ringan agar dapat memenuhi kriteria umur 28 hari, oleh karena itu langkah awal dalam perencanaan mix design adalah memilih nilai slump yang diinginkan.

### 2.4 Trial mix

Campuran percobaan dilakukan untuk menentukan kandungan superplasticizer dan berat jenis yang digunakan dalam campuran beton ringan. Setelah itu dilakukan pengecekan kriteria beton ringan.

### 2.5 Rancangan Recana Percobaan

Variasi campuran antara agregat ringan dengan agregat konvensional sebagai berikut:

Tabel 1. Variasi agregat ringan

	Persentase Plastik HDPE	Benda uji kuat tekan	Benda uji porositas	Benda uji modulus elastistias
Rencana Percobaan	75%	3	3	1
	80%	3	3	1
	85%	3	3	1
	90%	3	3	1
Jumlah		12	12	4

Sumber: Hasil Penelitian

### 2.6 Perawatan

Perawatan bertujuan agar kekuatan dan karakteristik beton dapat tercapai sesuai dengan rencana dalam mix design. Metode ini mengacu pada standar SNI 2493:2011 dilakukan dengan cara merendamnya dalam bak dengan air tawar pada suhu kamar. Perendaman dilakukan pada benda uji setelah dikeluarkan dari cetakan dan dikontrol sampai umur beton 28 hari. [14]

### 2.7 Uji kuat tekan

Uji kuat tekan beton ini menggunakan alat *compression testing machine* dengan benda uji berbentuk silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm yang dilakukan pada umur 28 hari. Pengujian kuat tekan dihentikan setelah dial pembacaan mengalami penurunan. Cara menghitung kuat tekan beton:

$$\sigma = P / A \quad (1)$$

Dimana:

$\sigma$  = Kuat tekan aksial (MPa)

P = Gaya tekan aksial maksimum (N)

A = Luas permukaan yang tertekan (mm<sup>2</sup>)

### 2.8 Uji porositas

Uji porositas ini menggunakan benda uji berbentuk silinder berdiameter 10 cm dan tinggi 20 cm dengan metode perendaman terhadap beton yang baru dikeluarkan dari bak curing dalam jangka waktu sesuai dengan umur beton 28 hari. Cara menghitung porositas beton:

$$n = \frac{C - A}{C - D} \times 100\% \quad (2)$$

Dimana:

n = porositas benda uji (%)

A = berat kering oven benda uji (kg)

C = Berat beton jenuh air setelah pendidihan (kg)

D = Berat beton dalam air (kg)

### 2.9 Uji Modulus Elastisitas

Uji modulus elastisitas ini menggunakan benda uji berbentuk silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm dengan alat *universal testing mechine* ditambahkan *compressometer* untuk mendapatkan nilai regangan longitudinal dan transversal pada umur beton 28 hari. Cara menghitung modulus elastisitas beton:

$$E_c = \left( \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{\varepsilon_2 - \varepsilon_1} \right) \quad (3)$$

Dimana:

- $E_c$  = Modulus elastisitas beton ( $\text{kg/m}^3$ )
- $\sigma_2$  = Tegangan pada saat 40% tegangan runtuh ( $\text{kg}$ )
- $\sigma_1$  = Tegangan pada saat nilai kurva regangan  $\varepsilon_1$  ( $\text{m}^3$ )
- $\varepsilon_2$  = Nilai kurva regangan yang terjadi pada saat  $\sigma_2$  ( $\text{m}^3$ )
- $\varepsilon_1$  = Regangan sebesar 0,00005 ( $\text{m}^3$ )

Berdasarkan SNI 2847-2002 untuk nilai berat jenis ( $W_c$ ) 1500  $\text{kg/m}^3$  hingga 2500  $\text{kg/m}^3$ , nilai modulus elastisitas sebagai berikut: [15]

$$E_c = (W_c)^{1.5} \times 0,43 \sqrt{f'_c} \quad (4)$$

Dimana:

- $E_c$  = Modulus elastisitas beton ( $\text{kg/m}^3$ )
- $W_c$  = Berat jenis beton ( $\text{Kg/m}^3$ )
- $f'_c$  = Mutu beton rencana (MPa)

Berdasarkan (A.M. Neville, 1995) perhitungan modulus elastisitas beton sebagai berikut: [16]

$$E_c = 3,2 \sqrt{f'_c} + 6,9 \text{ GPa} \quad (5)$$

Dimana:

- $E_c$  = Modulus Elastistas (MPa)
- $f'_c$  = kuat tekan beton (MPa)

Perhitungan *Poisson ratio* berdasarkan rumus ASTM C 469- 94 sebagai berikut:

$$\mu = \frac{\varepsilon_{t2} - \varepsilon_{t1}}{\varepsilon_2 - 0,00005} \quad (6)$$

Dimana:

- $\varepsilon_{t1}$  = Regangan transversal akibat tegangan  $S_1$
- $\varepsilon_{t2}$  = Regangan transversal akibat tegangan  $S_2$
- $\varepsilon_2$  = Regangan longitudinal akibat tegangan  $S_2$

### III. PEMBAHASAN

Berikut ini hasil pengujian dan analisa, sehingga didapatkan parameter-parameter sebagai bahan pembahasan mengenai pengaruh substitusi parsial agregat ringan HDPE pada beton ringan terhadap kuat tekan porositas dan modulus elastisitas.

### 3.1 Spesifikasi Karakteristik Bahan

Untuk agregat halus, agregat kasar dan agregat kasar plastik HDPE yang digunakan mempunyai spesifikasi karakteristik bahan sebagai berikut:

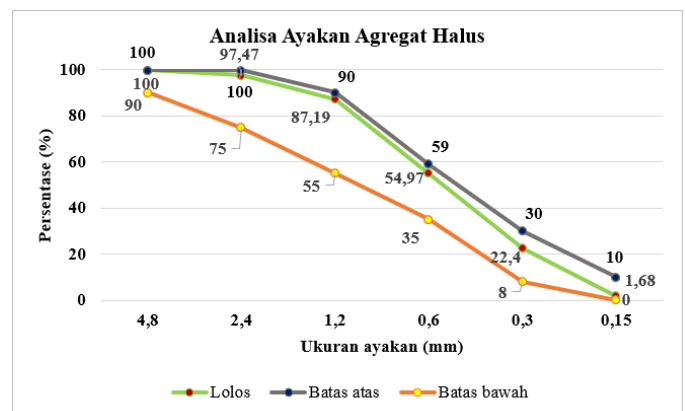
Tabel 2. Spesifikasi Karakteristik Bahan

	Agregat Halus	Agregat Kasar	Agregat ringan HDPE
Kelembaban	1,90%	2,71%	0,42%
Berat jenis	2,746 $\text{g/cm}^3$	2,67 $\text{g/cm}^3$	1,12 $\text{g/cm}^3$
Resapan	1,05%	2,38%	0,03%
Berat Volume	1369,2 $\text{kg/m}^3$	-	-
Kadar zat organik	Bening kekuningan	-	-
Kebersihan pasir terhadap lumpur	1%	-	-

Sumber: Hasil Penelitian

### 3.2 Analisa ayakan agregat

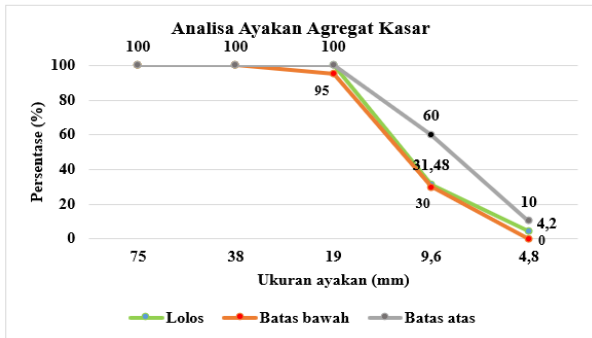
Pengujian analisa ayakan agregat halus berdasarkan ASTM C-33 97 sebagai berikut:



Gambar 3. Analisa Ayakan Agregat Halus

Sumber: Hasil Penelitian

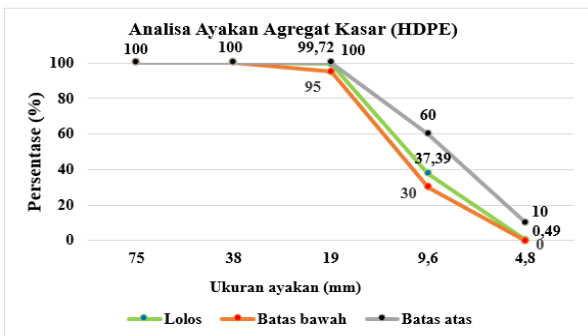
Pengujian analisa ayakan agregat kasar berdasarkan ASTM C-33 97 ukuran agregat minimum 4,75 mm sebagai berikut:



Gambar 4. Analisa Ayakan Agregat Kasar

Sumber: Hasil Penelitian

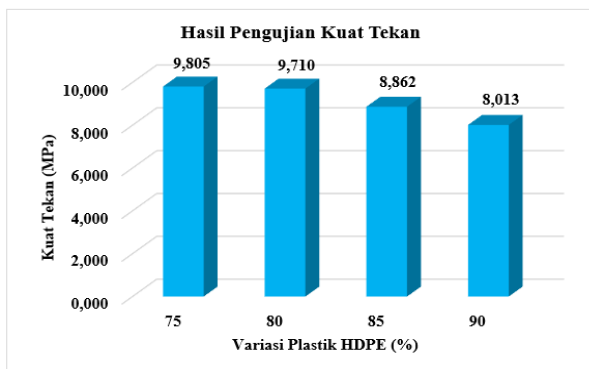
Pengujian analisa ayakan agregat kasar HDPE berdasarkan ASTM C-33 97 ukuran agregat minimum 4,75 mm sebagai berikut:



Gambar 5. Analisa Ayakan Agregat Kasar HDPE

Sumber: Hasil Penelitian

### 3.3 Hasil kuat tekan beton ringan



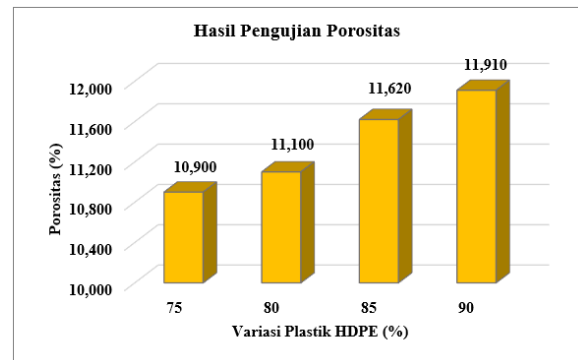
Gambar 6. Hasil Pengujian Kuat Tekan

Sumber: Hasil Penelitian

Berdasarkan grafik di atas titik acuan yang digunakan pada variasi 75% dikarenakan dengan variasi tersebut mendekati persyaratan beton ringan. Berikut hasil

pengujian kuat tekan beton ringan pada umur 28 hari. Disimpulkan bahwa dengan adanya penambahan persentase substitusi parsial agregat ringan plastik HDPE, kuat tekan yang didapatkan semakin menurun hal ini disebabkan permukaan agregat ringan bertekstur halus pada setiap sisi-sisinya sehingga mengakibatkan agregat kasar ringan tidak dapat menahan gesekan dan mengikat secara sempurna dengan mortar pada saat diberi beban desak.

### 3.4 Hasil porositas beton ringan



Gambar 7. Hasil Pengujian Porositas

Sumber: Hasil Penelitian

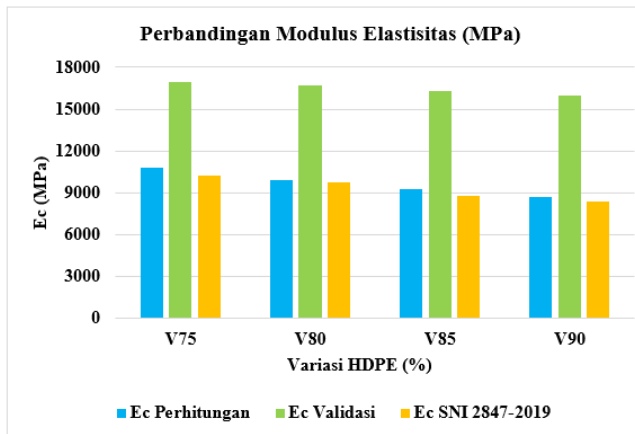
Berdasarkan grafik di atas titik acuan yang digunakan variasi 75% dikarenakan dengan variasi tersebut mendekati ke dalam persyaratan beton ringan. Dapat disimpulkan bahwa dengan bertambahnya persentase substitusi parsial plastik HDPE pada campuran beton ringan nilai porositas bertambah dikarenakan pada saat pembuatan tidak dilakukan vibrasi dikarenakan karakteristik agregat ringan yang mudah naik ke permukaan atas beton ringan, sehingga udara yang sebelum terperangkap pada rongga agregat ringan tetap berada di dalam beton ringan.

### 3.5 Hasil modulus elastisitas beton ringan

Tabel 3. Perbandingan Modulus Elastisitas

Variasi Plastik HDPE (%)	Ec Perhitungan (MPa)	Ec Validasi (Mpa)	Ec SNI 2847-2019 (Mpa)
75%	10824,4154	16919,692	10271,308
80%	9910,7767	16712,215	9745,964
85%	9275,862	16290,495	8817,825
90%	8749,4147	15942,354	8414,978

Sumber: Hasil Penelitian



Gambar 8. Perbandingan Modulus Elastisitas

Sumber: Hasil Penelitian

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan pengolahan data mengenai kuat tekan, porositas dan modulus elastisitas beton ringan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Prosentase penambah agregat ringan HDPE dalam menggantikan agregat konvensional menyebabkan kuat tekan dan modulus elastisitas beton mengalami penurunan yang cukup besar, sehingga tidak disarankan menggunakan agregat ringan HDPE dengan prosentase lebih besar dari penggunaan volume agregat kasar.
2. Porositas mengalami peningkatan yang disebabkan pada saat pembuatan benda uji tidak dilakukan vibrasi manual untuk mengeluarkan udara yang terperangkap dalam beton.
3. Nilai optimal yang didapatkan pada keseluruhan pengujian pada variasi 75%

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] "Tata Cara Pemilihan Campuran Untuk Beton Normal, Beton Berat dan Beton Massa," Bandung: Badan Standarisasi Nasional, 2012.
- [2] Alfred Edvant Liemawan, Tavio Tavio, and I. Gusti Putu Raka, "Pemanfaatan Limbah Kerang Hijau (*Perna viridis* L.) sebagai Bahan Campuran Kadar Optimum Agregat Halus pada Beton Mix Design dengan Metode Substitusi," *Jurnal Teknik ITS*, vol. 4, no. 1, pp 129-133, 2015
- [3] E. Sri Sunarsih and T. Adi Sucipto, "Tinjauan Penambahan Limbah Styrofoam Dan Fly Ash Terhadap Berat Jenis, Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Beton Ringan Struktural," *Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik dan Kejuruan*, vol. 7, Jul. pp 9-16, 2017

- [4] T. Mulyono, "Teknologi Beton: Dari Teori Ke Praktek," pp. 1–26, 2018
- [5] Sulistioso Giat S. Giat, Sudirman Sudirman, Devi Indah Anwar, F. Lukitowati, and Basril Abbas, "Sifat Fisis Dan Mekanis Komposit High Density Polyethylene (HDPE) – Hydroxyapatite (HAp) Dengan Teknik Iradiasi Gamma," *Jurnal Kimia dan Kemasan*, vol. 37, no. 1, pp. 53–60, Apr. 2015, doi: 10.24817/jkk.v37i1.1812.
- [6] Erwin Rommel, "Making Lightweight Aggregate Concrete From Artificial Plastic," vol. Vol. 9 No. 1, pp. 137–147, 2013.
- [7] ASTM C 127, "Standard Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Coarse Aggregate," West Conshohocken, PA. United States, 2015.
- [8] ASTM C 128, "Standard Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Fine Aggregate.," West Conshohocken, PA. United States, 2015.
- [9] ASTM C 29, "Standard Test Method for Bulk Density (Unit Weight) and Voids in Aggregate," West Conshohocken, PA. United States, 2017.
- [10] ASTM C 40, "Standard Test Method for Organic Impurities in Fine Aggregates for Concrete," West Conshohocken, PA. United States, 2019.
- [11] ASTM C 137, "Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates," West Conshohocken, PA. United States, 2014.
- [12] ASTM C 566, "Standard Test Method for Total Evaporable Moisture Content of Aggregate by Drying," West Conshohocken, PA. United States, 2013.
- [13] American Concrete Institute., "Standard Practice for Selecting Proportions for. Structural Lightweight Concrete," *Detroit-Michigan*, 1998.
- [14] Badan Standarisasi Nasional, "Tata Cara Pembuatan Dan Perawatan Beton Uji Di Laboratorium" Badan Standarisasi Nasional," Bandung, 2011.
- [15] SNI 2847 badan Standarisasi Nasional, "Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.," Jakarta, 2002.
- [16] Neville, A.M, "Properties of Concrete," England: Pearson Education Limited, 2011.