

## PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH KERAMIK SEBAGAI BAHAN PENGANTI AGREGAT HALUS TERHADAP KARAKTERISTIK BETON

Nur Aini Ayu Ismawati<sup>1</sup> dan Andaryati<sup>2\*</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Wijaya Kusuma Surabaya  
Jalan Dukuh Kupang XX No. 54, Kota Surabaya, Jawa Timur, Indonesia, 60225

E-mail: <sup>1</sup>[nurainiayu29@gmail.com](mailto:nurainiayu29@gmail.com) & <sup>2\*</sup>[andaryati@uwks.ac.id](mailto:andaryati@uwks.ac.id)

(\*) Penulis Korespondensi

**ABSTRAK:** Pada penelitian pengaruh penggunaan limbah keramik sebagai bahan pengganti agregat halus ini bertujuan untuk mengetahui nilai mutu optimum yang dihasilkan dari pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah beton. Limbah keramik yang digunakan untuk penelitian berasal dari PT Keramik Diamond Industries, dengan variasi persentase yang dipakai pada penelitian ini adalah beton normal, beton campuran limbah keramik persentase 4%, 8% dan 12% dari berat total agregat halus. Perhitungan *mix design* dengan menggunakan metode DOE (*Departement of Environment*) dengan menetapkan faktor air semen yaitu 0,4. Pengujian kuat tekan pada benda uji silinder dilakukan pada umur 7, 14, dan 28 hari. Sedangkan pengujian kuat tarik belah pada benda uji silinder dilakukan pada umur 28 hari. Hasil dari pengujian yang telah dilakukan, diperoleh nilai kuat tekan beton dengan campuran limbah keramik sebagai agregat halus memperoleh nilai tertinggi pada persentase 12% limbah keramik yaitu sebesar 39,32 MPa lebih tinggi sekitar 26,31% dibandingkan beton normal. Pada pengujian kuat tarik belah beton yang memperoleh nilai tertinggi terletak pada persentase 12% limbah keramik yaitu sebesar 2,68 MPa dan mempunyai nilai kuat tarik belah yang sama dengan beton normal, sehingga limbah keramik sebagai agregat halus telah layak untuk menjadi campuran beton.

**KATA KUNCI:** Agregat halus, beton, limbah keramik

### 1. PENDAHULUAN

Perkembangan industri konstruksi di Indonesia saat ini mengalami peningkatan yang pesat, sehingga menyebabkan ketersediaan material bahan bangunan yang meningkat. Khususnya pada campuran beton, terdapat lebih dari 60% proyek pembangunan konstruksi di Indonesia menggunakan beton (PUPR, 2013).

Beton merupakan campuran dari material konstruksi seperti semen, air, agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil atau batu pecah), dan dapat ditambahkan dengan bahan *additive* atau *admixture* sesuai keinginan (Sary Sandy, 2019). Campuran beton ini akan mengeras menjadi material padat yang sering digunakan dalam berbagai proyek konstruksi seperti kolom, pondasi, pelat, balok, *rigidpavement*, saluran samping, bantalan kereta api dan lainnya (Junia et al., 2023). Hampir seluruh material konstruksi pada campuran beton terbuat dari alam dan dapat habis apabila dipakai terus-menerus karena tingginya permintaan konsumen. Saat ini telah dilakukan berbagai inovasi untuk mencari material alternatif dalam pembuatan beton, seperti mengimplementasikan limbah yang dapat didaur ulang sebagai bahan campuran beton.

Penggunaan pasir alami secara berlebihan juga memiliki dampak negatif terhadap lingkungan (Hulukati & Isa, 2020), permintaan tinggi konsumen untuk pasir dalam industri konstruksi akan menyebabkan kekurangan pasir alami yang

berkualitas baik. Ini dapat mengarah pada pencurian pasir dari lokasi ilegal atau degradasi kualitas konstruksi karena penggunaan pasir yang kurang cocok. Hal ini yang membuat adanya inovasi yang dilakukan dalam pembuatan beton untuk menggantikan pasir alami, salah satu contohnya adalah menggunakan limbah keramik untuk agregat halus dalam campuran beton.

Keramik memiliki kandungan senyawa kimia yaitu 47% Silika Oksida ( $\text{SiO}_2$ ), 39% Alumina Oksida ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), 14% Hidro/Air ( $\text{H}_2\text{O}$ ) (Kurnia Hadi Putra, 2019). Agregat halus juga memiliki senyawa kimia yaitu Silika Oksida ( $\text{SiO}_2$ ) dan Alumina Oksida ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) yang memberikan kontribusi dalam proses pengerasan maupun peningkatan kuat tekan dan kuat tarik belah pada beton (Nadia, 2011). Dengan adanya kandungan senyawa kimia Silika Oksida ( $\text{SiO}_2$ ) dan Alumina Oksida ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) pada limbah keramik akan dimanfaatkan sebagai agregat halus.

Limbah keramik yang digunakan dalam penelitian diperoleh dari PT Keramik Diamond Industries yang terletak di Desa Bambi, Kecamatan Driyorejo, Kabupaten Gresik. Keramik yang di produksi pada pabrik ini memiliki sertifikasi mutu produk (SNI ISO 13006 : 2010 – Standard Nasional dan MS ISO 13006 : 2003 - Malaysian Standard). Limbah keramik berasal dari pabrik pembuatan keramik seperti selama proses produksi terdapat potongan-potongan yang tidak sesuai atau retak, sehingga menjadi limbah (Suria & Alamsyah,

# PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH KERAMIK SEBAGAI BAHAN PENGGANTI AGREGAT HALUS TERHADAP KARAKTERISTIK BETON

(Nur Aini Ayu Ismawati, Andaryati)

2017). Hasil produksi limbah keramik di Indonesia telah mencapai 78.925,11 ton pertahunnya (Ditjen PPKL, 2018), sehingga pemanfaatan limbah keramik yang tepat akan merubah limbah keramik menjadi sumber daya yang memiliki nilai dan dapat membantu mengurangi masalah lingkungan. Oleh karena itu sebaiknya dilakukan pemanfaatan limbah keramik yang dijadikan sebagai bahan tambah agregat halus dalam campuran beton, dengan memakai variasi persentase 0%, 4%, 8%, dan 12% terhadap agregat halus dan mencari nilai mutu optimum beton yang dihasilkan dari pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah beton.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1 Jenis Penelitian

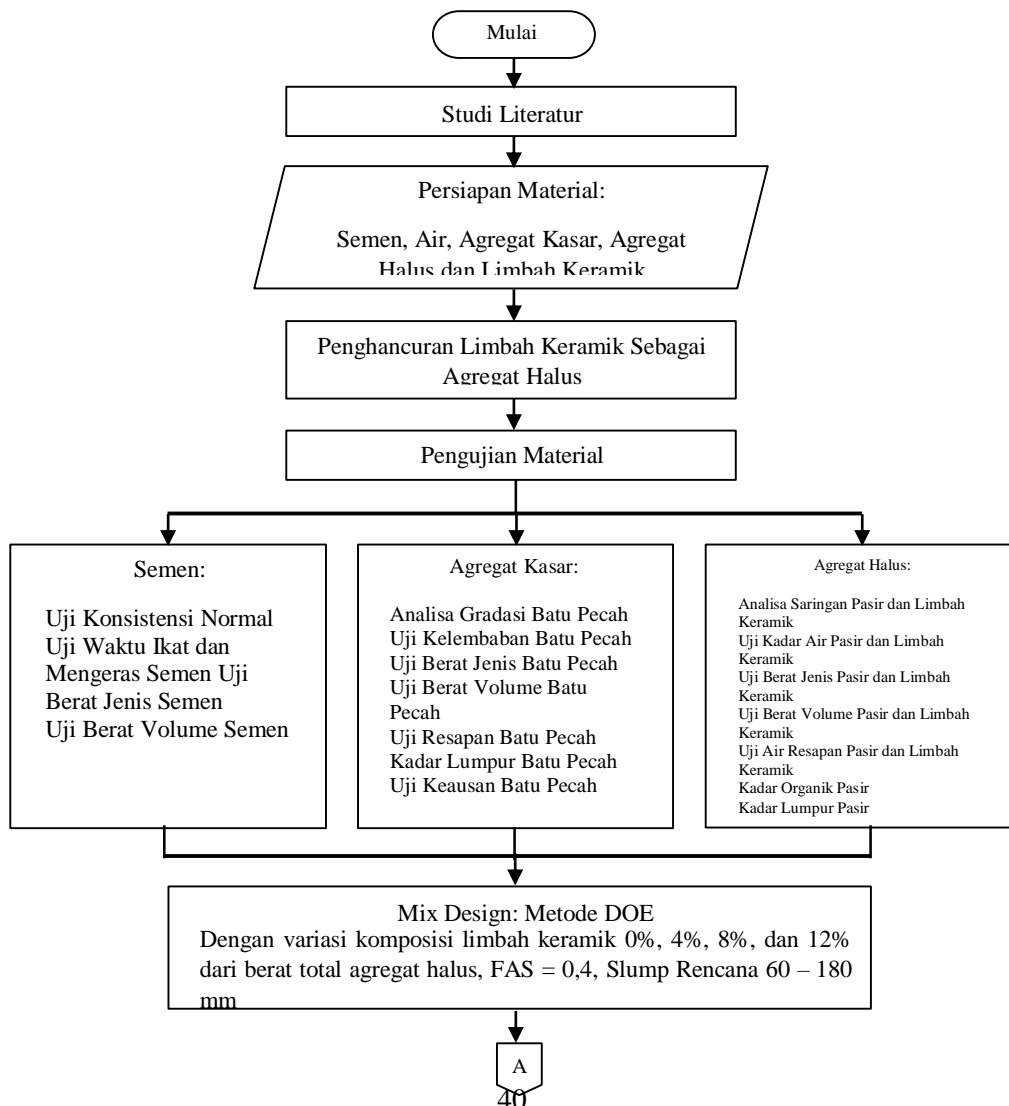
Pada penelitian ini, perhitungan mix design menggunakan metode DOE (*Department of Environment*) dan mencari hasil melalui nilai kuat tekan dan kuat tarik belah dengan beton normal dan campuran limbah keramik persentase

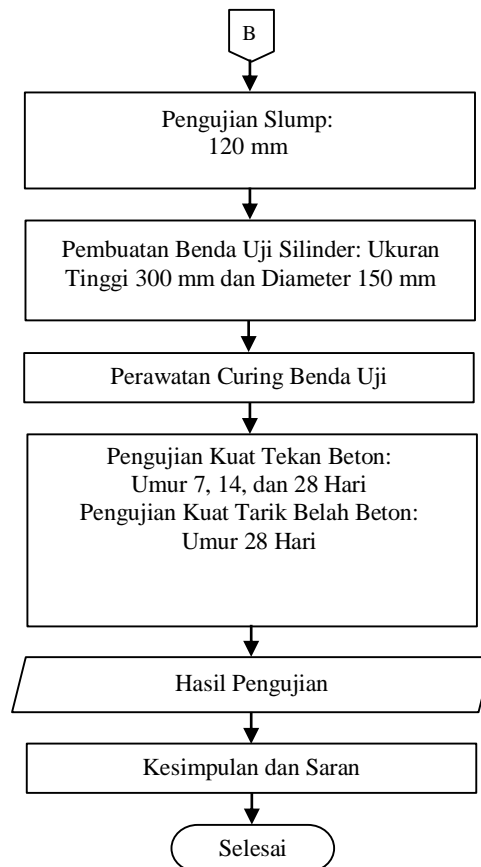
4%, 8% dan 12%. Penelitian ini mengacu pada standar ASTM (*American Standard Testing and Material*) saat melakukan pengujian material, pengujian kuat tekan beton dan pengujian kuat tarik belah beton.

Kegiatan penelitian ini dilakukan di Laboratorium Beton dan Material Universitas Wijaya Kusuma Surabaya yang berlokasi Jalan Dukuh Kupang XXV No. 54, Dukuh Kupang, Kecamatan Dukuhpakis, Kota Surabaya dan di PT Varia Usaha Beton yang berlokasi di Jalan Mayjend Sungkono, Segoromadu, Kecamatan Gresik, Kabupaten Gresik.

### 2.2 Teknik Pengumpulan Data

Diagram alir biasanya digunakan untuk berbagai tujuan mulai dari menggambarkan berbagai proses seperti penelitian. Diagram alir dari penelitian penggunaan limbah keramik sebagai agregat halus terhadap karakteristik beton terdapat pada Gambar 1.





**Gambar 1.** Diagram Alir Penelitian

Dapat dilihat pada Gambar 1 Pelaksanaan penelitian beton dengan campuran limbah keramik sebagai agregat halus ini terdiri 8 tahapan yaitu:

#### **Tahap 1: Studi Literatur**

Melakukan studi literatur seperti mengumpulkan data pustaka dengan membaca, mencatat dan mengelolah untuk bahan penelitian. Adapun tujuan dari tahap ini adalah mencari dasar untuk memperoleh landasan teori dan menentukan hipotesis penelitian.

#### **Tahap 2: Persiapan material**

Pemilihan material yang digunakan dalam penelitian yaitu:

- a. Semen  
Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen portland type I produksi PT Semen Gresik.
- b. Air  
Air yang digunakan adalah air PDAM yang telah disediakan di Laboratorim Beton dan Material Universitas Wijaya Kusuma Surabaya dan di PT Varia Usaha Beton. Air berfungsi sebagai pengangkut campuran

agregat dan semen untuk memudahkan proses pengolahan.

- c. Agregat Kasar  
Agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini adalah batu pecah yang berasal dari Pasuruan. Agregat kasar ini harus sesuai dengan yang disyaratkan dalam SNI dengan besar butir diatas 4,76 mm.
- d. Agregat Halus  
Agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir yang berasal dari Lumajang dan limbah keramik yang diambil dari PT Keramik Diamond Industries. Agregat halus ini harus sesuai dengan yang disyaratkan dalam SNI dan agregat halus mempunyai ukuran butir lolos saringan nomor 4 dengan ukuran diameter lubang 4,76 mm.

#### **Tahap 3: Penghancuran Limbah Keramik Sebagai Agregat Halus**

Proses pembuatan limbah keramik menjadi agregat halus pastinya melewati tahap penghancuran secara manual maupun menggunakan mesin, hingga menjadi butir-butir kecil yang memenuhi persyaratan agregat halus

## PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH KERAMIK SEBAGAI BAHAN PENGGANTI AGREGAT HALUS TERHADAP KARAKTERISTIK BETON (Nur Aini Ayu Ismawati, Andaryati)

yaitu lolos pada ayakan saringan 4,76 mm. Pada penelitian ini penghancuran limbah keramik dilakukan secara manual dengan menggunakan palu dan dialasi dengan loyang.

### Tahap 4: Pengujian Material

Pengujian material dilakukan dengan mengikuti prosedur standar pengujian pada ASTM antara lain yaitu:

#### a. Semen

Pengujian terhadap semen antara lain seperti uji konsistensi normal, uji waktu mengikat dan mengeras semen, uji berat jenis dan uji berat volume. Hasil pengujian semen dapat

| Jenis Pengujian                   | Hasil Pengujian         |
|-----------------------------------|-------------------------|
| Uji Konsistensi Normal            | 29,60%                  |
| Waktu Mengikat dan Mengeras Semen | 77                      |
| - Waktu Mengikat                  | 150                     |
| - Waktu Mengeras                  |                         |
| Berat Jenis                       | 3,12 kg/cm <sup>3</sup> |
| Berat Volume                      | 1,05 kg/lt              |

dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Hasil Pengujian Semen

#### b. Agregat Kasar

Pengujian terhadap agregat kasar antara lain seperti analisa gradasi, uji kadar air, uji berat jenis, uji berat volume, uji resapan, uji kadar lumpur, dan uji keausan dengan mesin abrasi los angeles. Hasil pengujian batu pecah dapat dilihat pada Tabel 2.

| Jenis Pengujian | Hasil Pengujian         |
|-----------------|-------------------------|
| Analisa Gradasi | Zona 1                  |
| Kadar Air       | 1,01%                   |
| Berat Jenis     | 2,70 kg/cm <sup>3</sup> |
| Berat Volume    | 1,90 kg/lt              |
| Resapan         | 1,32%                   |
| Kadar Lumpur    | 0,20%                   |
| Keausan         | 18,60%                  |

**Tabel 2.** Hasil Pengujian Batu Pecah

#### c. Agregat Halus

Pengujian terhadap agregat halus antara lain seperti analisa gradasi, uji kadar air, uji berat jenis, uji berat volume, uji resapan, dan uji kadar lumpur dengan cara basah dan kering. Hasil pengujian pasir dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Hasil Pengujian Pasir

| Jenis Pengujian                          | Hasil Pengujian         |
|--|-------------------------|
| Analisa Gradasi                          | Zona 2                  |
| Kadar Air                                | 3,10%                   |
| Berat Jenis                              | 2,63 kg/cm <sup>3</sup> |
| Berat Volume                             | 1,50 kg/lt              |
| Resapan                                  | 2,04%                   |
| Kadar Lumpur Terhadap Lumpur Cara Basah  | 1,67%                   |
| Kadar Lumpur Terhadap Lumpur Cara Kering | 1,60%                   |

Hasil pengujian limbah keramik dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Hasil Pengujian Limbah Keramik

| Jenis Pengujian | Hasil Pengujian         |
|-----------------|-------------------------|
| Analisa Gradasi | Zona 2                  |
| Kadar Air       | 0,5%                    |
| Berat Jenis     | 2,69 kg/cm <sup>3</sup> |
| Berat Volume    | 1,3 kg/lt               |
| Resapan         | 1,01%                   |

### Tahap 4: Mix Design

Mix design adalah untuk memudahkan saat pelaksanaan pembuatan beton dan agar memperoleh kuat tekan rencana. Pembuatan rancangan mix design menggunakan metode DOE (*Department of Environment*), dengan variasi persentase limbah keramik 0%, 4%, 8% dan 12% dari berat total agregat halus, menetapkan menggunakan FAS (Faktor Air Semen) 0,4 dan menetapkan slump rencana 60 – 180 mm.

### Tahap 5: Pengujian Slump

Pengujian *slump* merupakan suatu pengujian yang digunakan untuk mengukur tingkat konsistensi campuran beton yang baru disiapkan sebelum penerapannya (SNI 1972, 2022). Hasil pengujian *slump* dapat dilihat pada Tabel 5. Bahwa tingkat konsistensi (kekentalan) campuran beton telah memenuhi syarat dari *slump* rencana.

**Tabel 5.** Hasil Pengujian *Slump*

| Benda Uji<br>Limbah<br>Keramik | Slump<br>Rencana<br>(mm) | Hasil<br>Slump<br>(mm) | Keterangan |
|--------------------------------|--------------------------|------------------------|------------|
| 0%                             | 60 – 180                 | 120                    | Ok         |
| 4%                             | 60 – 180                 | 120                    | Ok         |
| 8%                             | 60 – 180                 | 120                    | Ok         |
| 12%                            | 60 – 180                 | 120                    | Ok         |

**Tahap 6: Pembuatan Benda Uji**

Benda uji menggunakan silinder dengan ukuran uji tinggi 300 mm dan diameter 150 mm. Perencanaan pembuatan benda uji telah disusun dengan menggunakan komposisi variasi persentase yaitu 0%, 4%, 8% dan 12% dengan total 48 benda uji. Setiap persentase tersebut terdiri dari 3 buah benda uji, pengujian dilakukan dengan mencari nilai kuat tekan beton pada umur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari dan nilai kuat tarik belah pada umur 28 hari.

**Tahap 7: Perawatan/Curing Benda Uji**

Perawatan atau *curing* merupakan perawatan yang dilakukan dengan menyediakan air yang memadai untuk proses hidrasi semen dan penguapan (SNI 4810, 2013). Melalui proses ini, beton akan mengeras, karena semen mampu mengikat agregat-agregat.

**Tahap 8: Pengujian Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton**

Dalam penelitian ini pengujian kuat tekan pada beton dilakukan pada umur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari, dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$f_c' = \frac{P}{A_o}$$

Keterangan:

$f_c'$  = Kuat tekan beton (MPa)

P = Beban tekan maksimum (N)

$A_o$  = Luas penampang benda uji ( $\text{mm}^2$ )

Dalam penelitian ini pengujian kuat tarik belah pada beton dilakukan pada umur 28 hari, dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$f_{ct} = \frac{2P}{\pi LD}$$

Keterangan:

$f_{ct}$  = Kuat tarik belah (MPa)

P = Beban uji maksimum (N)

L = Panjang benda uji (mm)

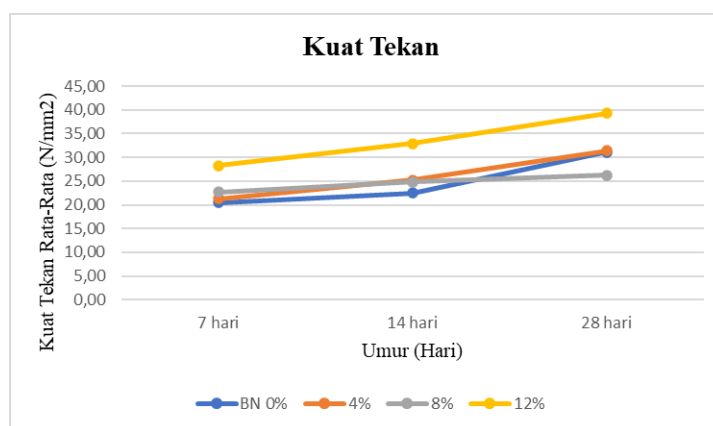
D = Diameter benda uji (mm)

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN****3.1 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton**

Hasil pengujian rata-rata kuat tekan beton dengan limbah keramik sebagai agregat halus, dapat dilihat pada Tabel 6 dan Gambar 2 dibawah ini.

**Tabel 6.** Hasil Uji Kuat Tekan Beton

| Variasi %<br>Limbah Keramik | Kuat Tekan (MPa) |         |         |
|-----------------------------|------------------|---------|---------|
|                             | 7 Hari           | 14 Hari | 28 Hari |
| 0%                          | 20,43            | 22,47   | 31,13   |
| 4%                          | 21,22            | 25,20   | 31,44   |
| 8%                          | 22,64            | 28,60   | 32,67   |
| 12%                         | 28,28            | 32,89   | 39,32   |

**Gambar 2.** Hasil Uji Kuat Tekan Beton

## PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH KERAMIK SEBAGAI BAHAN PENGGANTI AGREGAT HALUS TERHADAP KARAKTERISTIK BETON (Nur Aini Ayu Ismawati, Andaryati)

Diketahui dari hasil pengujian pada Tabel 6 dan Gambar 2 menunjukkan nilai kuat tekan beton dengan campuran limbah keramik sebagai agregat halus, bahwa pada beton berumur 28 hari mengalami peningkatan kekuatan tekan jika dibandingkan dengan beton berumur 7 hari dan 14 hari.

Dari hasil pengujian kuat tekan pada beton dapat dilihat perkembangan nilai kuat tekan dari beberapa variasi persentase limbah keramik, pada persentase 0% limbah keramik di umur 7 hari hingga 28 hari mengalami peningkatan yaitu sekitar 52,37%. Pada persentase 4% limbah keramik di umur 7 hari hingga 28 hari mengalami peningkatan yaitu sekitar 48,16%. Pada persentase 8% limbah keramik di umur 7 hari hingga 28 hari mengalami peningkatan yaitu 47 sekitar 44,30%. Pada persentase 12% limbah keramik di umur 7 hari hingga 28 hari mengalami peningkatan yaitu sekitar 38,31%.

Pengujian kuat tekan pada umur 28 hari, beton normal 0% mempunyai kuat tekan yaitu sebesar 31,13 MPa. Benda uji silinder beton yang diberi tambahan campuran limbah keramik dengan persentase 12% mempunyai nilai kuat tekan tertinggi dibandingkan persentase lainnya yaitu sebesar 39,32 MPa dan mengalami peningkatan sekitar 26,31% dari beton normal. Beton persentase 4% limbah keramik mempunyai nilai kuat tekan paling rendah yaitu sebesar 31,44 MPa dan lebih rendah sekitar 25,06% dari beton persentase 12% limbah keramik.

Limbah keramik sebagai agregat halus pada campuran beton yang dapat dijadikan sebagai alternatif berdasarkan nilai kuat tekan paling optimum yaitu pada persentase 12% limbah keramik, dibandingkan dengan variasi persentase 0%, 4%, dan 8%. Pada beton persentase 12% limbah keramik mengalami peningkatan kekuatan tekan dikarenakan limbah keramik sebagai agregat halus dapat mengisi lebih banyak pori yang ada pada beton, semakin kecil pori yang ada maka akan semakin tinggi kuat tekan yang dihasilkan. Dengan adanya kandungan silika oksida ( $\text{SiO}_2$ ) dan alumina oksida ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) yang terdapat pada limbah keramik lebih tinggi dibandingkan dengan pasir alami, hal ini meningkatkan kekuatan dan ketahanan pada beton, serta dapat mengurangi terjadinya retakan.

### 3.2 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Hasil pengujian rata-rata kuat tarik belah beton dengan limbah keramik sebagai agregat halus, dapat dilihat pada Tabel 7.

**Tabel 7.** Hasil Uji Kuat Tarik Belah Beton

| Variasi % Limbah Keramik | Kuat Tarik Belah Rata-rata (MPa) |
|--------------------------|----------------------------------|
|                          | 28 Hari                          |
| 0%                       | 2,68                             |
| 4%                       | 2,49                             |
| 8%                       | 2,58                             |
| 12%                      | 2,68                             |

Diketahui hasil pengujian dari Tabel 7 menunjukkan nilai kuat tarik belah beton dengan campuran limbah keramik sebagai agregat halus yang berumur 28 hari, terdapat beton normal 0% mempunyai kuat tarik belah yaitu sebesar 2,68 MPa. Beton dengan campuran limbah keramik persentase 12% mempunyai kekuatan tarik belah yang sama dengan beton normal 0% dan mempunyai nilai yang paling optimum dibandingkan persentase 4% dan 8%. Beton persentase 4% limbah keramik mempunyai nilai kuat tarik belah paling rendah yaitu sebesar 2,49 MPa dan lebih rendah sekitar 7,24% dari beton normal 0%.

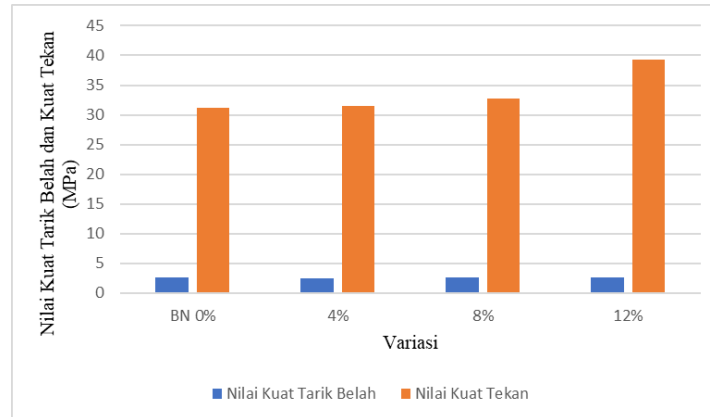
### 3.3 Perbandingan Nilai Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton

Nilai kuat tarik belah beton tidak berbanding lurus dengan nilai kuat tekannya. Kekuatan tarik merupakan suatu sifat penting yang dapat mempengaruhi ukuran retak di dalam struktur, tetapi karena kecilnya kuat tarik yang dihasilkan pada beton, hal inilah yang menjadi kelemahan terbesar pada beton. Berbeda dengan kuat tekan yang merupakan sifat terpenting dalam kualitas beton karena beton memiliki kemampuan untuk menahan beban tekan. Seperti yang ditampilkan pada Tabel 8 dan Gambar 3 dibawah ini mengenai perbandingan hasil perhitungan rasio nilai kuat tekan dan kuat tarik belah beton.

**Tabel 8.** Perbandingan Nilai Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton

| Variasi % Limbah Keramik | Nilai Kuat Tarik Belah (MPa) | Nilai Kuat Tekan (MPa) | Rasio (%) |
|--------------------------|------------------------------|------------------------|-----------|
| 0%                       | 2,68                         | 31,13                  | 8,61      |
| 4%                       | 2,49                         | 31,44                  | 7,91      |

|     |      |       |      |
|-----|------|-------|------|
| 8%  | 2,58 | 32,67 | 7,90 |
| 12% | 2,68 | 39,32 | 6,80 |



**Gambar 3.** Nilai Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton Pada Umur 28 Hari

Diketahui dari Tabel 8 dan Gambar 3 bahwa nilai kuat tarik belah tidak berbanding lurus dengan nilai kuat tekannya dan dapat dianalisa bahwa nilai rasio kuat tarik belah terhadap kuat tekan, yang paling tinggi terdapat pada beton normal 0% yaitu sebesar 8,61% jika dibandingkan dengan beton persentase limbah keramik lainnya. Beton dengan campuran limbah keramik yang memperoleh nilai rasio maksimum terdapat pada persentase 4% limbah keramik yaitu sebesar 7,91% dan nilai rasio paling rendah terdapat pada persentase 12% limbah keramik yaitu sebesar 6,80%. Hal ini membuktikan bahwa nilai rasio yang dihasilkan pada beton campuran limbah keramik akan menurun apabila persentase limbah keramik bertambah tinggi. Penyebab nilai rasio menurun karena nilai kuat tarik belah yang dihasilkan terlalu rendah jika dibandingkan dengan nilai kuat tekannya.

#### 4. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian dan pembahasan beton dengan campuran limbah keramik sebagai agregat halus, dapat diambil kesimpulan yaitu pada pengujian kuat tekan beton berumur 28 hari, beton persentase 12% limbah keramik memperoleh nilai kuat tekan yang optimum diantara variasi persentase lainnya yaitu sebesar 39,32 MPa dan perbandingan beton persentase 12% limbah keramik mengalami kenaikan kuat tekan sekitar 26,31% dari beton normal 0%. Sehingga limbah keramik sebagai agregat halus telah layak untuk menjadi campuran beton dalam pengujian kuat tekan. Kemudian pada pengujian kuat tarik belah beton berumur 28 hari, beton

persentase 12% limbah keramik memperoleh nilai kuat tarik belah yang optimum diantara variasi persentase lainnya yaitu sebesar 2,68 MPa dan perbandingan beton persentase 12% limbah keramik mempunyai nilai kuat tarik belah yang sama dengan beton normal 0%. Sehingga limbah keramik sebagai agregat halus telah layak untuk menjadi campuran beton dalam pengujian kuat tarik belah.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- Ditjen PPKL. (2018). *Kendalikan Sampah Plastik Industri*. <https://ppkl.menlhk.go.id/website/reduksi-plastik/pengantar.php>
- Hulukati, M., & Isa, A. H. (2020). *Dampak Penambangan Pasir Terhadap Kelestarian Lingkungan Di Kelurahan Tumbihe. 1(2)*, 44–53.
- Junia, P. A., Body, R., Teknik, F., Padang, U. N., Teknik, F., Padang, U. N., Halus, A., Kasar, A., & Keramik, P. L. (2023). *Studi eksperimental pemanfaatan limbah keramik sebagai bahan pengganti agregat halus terhadap kuat tekan beton. 4*, 176–180.
- Kurnia Hadi Putra, J. W. (2019). *Studi Eksperimental Penambahan Limbah Keramik Sebagai Agregat Halus Pada Campuran Laston (AC-WC) Terhadap Karakteristik Uji Marshall. 8*, 147–155.
- Nadia, I. (n.d.). *Pengaruh Kadar Silika Pada Agregat Halus Campuran Beton Terhadap Peningkatan Kuat Tekan. 35–43*.
- PUPR. (2013). *Peranan Beton Dalam*

**PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH KERAMIK SEBAGAI BAHAN  
PENGANTI AGREGAT HALUS TERHADAP KARAKTERISTIK BETON**  
(Nur Aini Ayu Ismawati, Andaryati)

---

*Pembangunan Infrastruktur Indonesia.*  
[https://pu.go.id/berita/peranan-beton-  
dalam-pembangunan-infrastruktur-  
indonesia](https://pu.go.id/berita/peranan-beton-dalam-pembangunan-infrastruktur-indonesia)

- Sary Sandy, J. H. (2019). *Studi Korelasi Porositas Beton Terhadap Kuat Tekan Beton Rata-Rata Menggunakan Agregat Kasar Batu Angus*. 12, 72–83.
- SNI 1972. (2022). *Metode uji slump beton semen hidraulis*.
- SNI, 4810. (2013). *Tata cara pembuatan dan perawatan spesimen uji beton di lapangan*.
- Suria, A., & Alamsyah, W. (2017). *PEMANFAATAN LIMBAH PECAHAN KERAMIK SEBAGAI CAMPURAN TERHADAP KUAT TEKAN BETON*.