

## Studi Eksperimental Penggunaan Pasir Vulkanik Malang pada Beton dan *Paving Block*

Agus\*, Rizky Mulya Putra Ramadhan, Wulandari & Yolanda Wulandari

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Institut Teknologi Padang,  
Jl. Gajah Mada Kandis Nanggalo, Padang – 25 143, Indonesia

Email: [mscagus@yahoo.co.id](mailto:mscagus@yahoo.co.id)

Dikirim: 18 Desember 2024

Direvisi: 30 Januari 2026

Diterima: 31 Januari 2026

### ABSTRAK

Beton dan *paving block* merupakan material konstruksi yang saat ini telah umum digunakan. Untuk memperoleh mutu beton dan *paving block* yang lebih baik serta pelaksanaan konstruksi yang efisien dan tepat, diperlukan penelitian lanjutan yang bersifat komprehensif. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai kuat tekan beton dan *paving block* dengan menggunakan pasir vulkanik Malang sebagai campuran agregat halus, serta menguji nilai penyerapan air pada *paving block*. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengevaluasi kelayakan penggunaan pasir vulkanik Malang dalam dunia konstruksi serta pengaruhnya terhadap sifat mekanik beton dan *paving block*. Metode penelitian yang digunakan adalah metode kuantitatif yang dilaksanakan di Laboratorium Teknik Sipil Institut Teknologi Padang. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penggunaan pasir vulkanik Malang sebagai pengganti agregat halus pada campuran beton dengan variasi 0%, 50%, dan 100% menghasilkan nilai kuat tekan berturut-turut sebesar 17,32 MPa, 18,38 MPa, dan 3,22 MPa. Variasi penggunaan pasir vulkanik Malang sebesar 0% dan 50% memenuhi kuat tekan rencana sebesar 15 MPa, sedangkan variasi 100% tidak memenuhi persyaratan karena hanya mencapai kuat tekan sebesar 3,22 MPa. Pada campuran *paving block*, penggunaan pasir vulkanik Malang menghasilkan nilai kuat tekan sebesar 13,84 MPa, yang memenuhi persyaratan *paving block* tipe C untuk penggunaan pejalan kaki sesuai SNI 00691-1996 (10–15 MPa). Namun, nilai penyerapan air *paving block* sebesar 13,67% masih melebihi batas maksimum yang disyaratkan untuk *paving block* tipe C, yaitu 8%.

**Kata kunci:** pasir vulkanik Malang, beton, *paving block*, kekuatan tekan, daya serap air

### 1. PENDAHULUAN

Beton merupakan material konstruksi yang umum digunakan dalam pembangunan saat ini. Untuk memperoleh kualitas beton yang lebih baik serta pelaksanaan yang efisien dan tepat, dilakukan penelitian lanjutan yang komprehensif. Beton memiliki keunggulan dalam pemanfaatan struktur dibandingkan material lain, yaitu dapat mengikuti bentuk bangunan, memiliki kuat tekan tinggi, murah dalam pemeliharaan, serta tahan panas dan api. Selain empat kelebihan tersebut, Puspitasari (2023) menyebutkan bahwa alasan lain pemilihan beton adalah tingkat efisiensi dan efektivitasnya. *Paving block* merupakan campuran semen portland atau bahan perekat hidrolis sejenis, air dan agregat dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya yang tidak mengurangi mutu beton (SNI-03-0691-1996). *Paving block* memiliki beberapa keuntungan yaitu tahan lama (durability), biaya dan pengerjaan relatif murah, serta bahan pembuatannya mudah diperoleh. Menurut Bakhtiar (2018) kerusakan pada *paving block* biasanya disebabkan oleh mutu bahan yang tidak sesuai standar, pengaruh air hujan, atau lintasan roda kendaraan yang melebihi ketahannya. Saat ini, kebutuhan akan beton dan *paving block* terus meningkat, sehingga material yang dibutuhkan, terutama pasir alam juga meningkat, sementara cadangan material semakin menipis. Berkembangnya teknologi kontruksi memungkinkan terciptanya inovasi yang dapat mengatasi permasalahan ini. Untuk mengurangi ketergantungan terhadap pasir alam, diperlukan material alternatif, salah satunya adalah pasir vulkanik Malang.

Berbagai penelitian telah mengkaji penggunaan material alternatif terhadap beton dan *paving block*. Pratiwi (2024) menunjukkan bahwa penambahan abu tempurung kelapa pada *paving block* menghasilkan kuat tekan tertinggi pada variasi 1% sebesar 3,99 MPa. Penyerapan air *paving block* normal sebesar 8,6%, sedangkan penyerapan air terendah juga terjadi pada variasi 1% sebesar 7,53%. Fatoni (2018) melaporkan bahwa beton porous dengan agregat abu batu dan pasir Malang menghasilkan kuat tekan silinder 18,1 kg/cm<sup>2</sup> dan kuat tekan kubus 24,59 kg/cm<sup>2</sup>, meskipun belum memenuhi standar SNI. Puspitasari (2023) menemukan bahwa beton dengan pasir Mundu memiliki kuat tekan dan berat volume lebih tinggi dibanding beton dengan pasir Malang. Cahyarini dkk. (2014) meneliti pengaruh berat jenis pasir Malang dan kerikil Pandaan terhadap beton mutu tinggi, menemukan bahwa berat jenis memengaruhi kuat tekan, tetapi tidak berpengaruh pada modulus elastisitas maupun kuat tarik belah. Selain itu, Asrullah (2021) meneliti pengaruh sika *concrete repair*

*mortar* dan tempurung kelapa pada beton K-300; hasil terbaik diperoleh dengan penambahan 5% Sika (311,89 kg/cm<sup>2</sup>) dan 2,5% tempurung kelapa (267,87 kg/cm<sup>2</sup>).

Pasir vulkanik Malang memiliki karakteristik fisik yang memenuhi persyaratan mutu untuk digunakan sebagai agregat halus pada pembuatan *paving block*, antara lain gradasi yang baik, ketahanan aus yang memadai, serta penyerapan air yang masih dalam batas yang dapat diterima. Beberapa penelitian melaporkan bahwa penggunaan pasir vulkanik atau pasir Malang sebagai agregat halus dalam campuran beton dan produk beton pracetak mampu menghasilkan kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan penggunaan pasir laut, yang dipengaruhi oleh tekstur permukaan yang lebih kasar dan kualitas butiran yang lebih baik. Selain itu, pasir vulkanik Malang juga berpotensi digunakan sebagai campuran beton karena dapat meningkatkan kuat tekan dan ketahanan aus beton (Fatoni, 2018; Hadi, 2020; Puspitasari, 2023).

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menilai penggunaan Pasir Vulkanik Malang dalam dunia konstruksi, khususnya sebagai bahan campuran beton dan *paving block* ([binamarga.pu.go.id](http://binamarga.pu.go.id)). Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai pengaruh karakteristik pasir vulkanik Malang terhadap mutu beton dan *paving block*.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan memanfaatkan pasir Malang (pasir vulkanik gunung berapi) yang berasal dari Kota Malang. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknik Sipil, Institut Teknologi Padang. Benda uji yang digunakan berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm untuk benda uji beton, sedangkan benda uji *paving block* berukuran 20 cm × 10 cm × 6 cm. Penggunaan dua jenis benda uji ini bertujuan untuk merepresentasikan aplikasi beton struktural melalui benda uji silinder serta produk beton pracetak non-struktural melalui benda uji *paving block*.

Persentase variasi pasir vulkanik Malang yang digunakan dalam penelitian ini menunjukkan proporsi penggantian pasir alam terhadap total agregat halus berdasarkan berat. Variasi 0% berarti seluruh agregat halus menggunakan pasir alam, variasi 50% berarti 50% pasir alam digantikan oleh pasir vulkanik Malang, sedangkan variasi 100% berarti seluruh agregat halus digantikan oleh pasir vulkanik Malang. Pengujian sampel yang dibuat dilakukan pada umur 28 hari. Setiap variasi beton terdiri dari 3 sampel benda uji, sedangkan *paving block* terdiri dari 5 sampel benda uji. Data lengkap dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2. Proses pencetakan *paving block* dilakukan menggunakan cetakan baja dengan metode konvensional (manual). Campuran dimasukkan ke dalam cetakan kemudian dipadatkan secara bertahap menggunakan alat gablokan atau penumbuk tangan hingga campuran terlihat padat dan permukaan rata. Setelah itu, benda uji dikeluarkan dari cetakan dan dilakukan perawatan (curing) selama 28 hari sebelum pengujian.

**Tabel 1.** Sampel penelitian beton

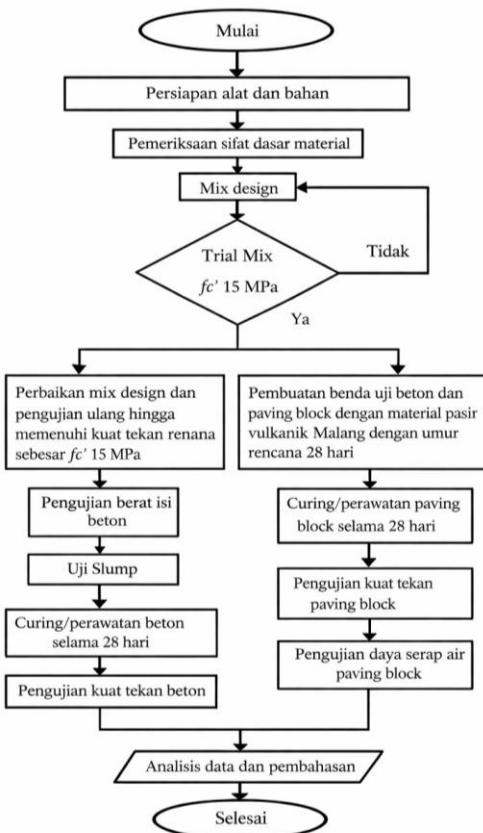
| No    | Umur Rencana Beton | Variasi Pasir Vulkanik Malang | Pengujian Kuat Tekan Beton |
|-------|--------------------|-------------------------------|----------------------------|
| 1     | 28 Hari            | 0%                            | 3 Silinder                 |
| 2     |                    | 50%                           | 3 Silinder                 |
| 3     |                    | 100%                          | 3 Silinder                 |
| Total |                    |                               | 9 Silinder                 |

**Tabel 2.** Sampel penelitian *paving block*

| No     | Umur Rencana <i>paving block</i> | Pengujian Kuat Tekan | Pengujian Penyerapan Air |
|--------|----------------------------------|----------------------|--------------------------|
| 1      | 28 hari                          | 5 sampel             | 5 sampel                 |
| Jumlah |                                  | 5 sampel             | 5 sampel                 |
| Total  |                                  | 10 sampel            |                          |

Tahapan pelaksanaan penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1. Pelaksanaan penelitian diawali dengan persiapan alat dan bahan yang digunakan, kemudian dilanjutkan dengan pemeriksaan sifat dasar material sebagai dasar dalam perencanaan campuran. Selanjutnya dilakukan perencanaan campuran beton (mix design) yang diuji melalui tahap trial mix untuk memperoleh kuat tekan rencana sebesar  $f_c'$  15 MPa. Apabila hasil trial mix belum memenuhi kuat tekan yang disyaratkan, maka dilakukan perbaikan mix design dan pengujian ulang hingga diperoleh campuran yang memenuhi kriteria perencanaan. Setelah campuran memenuhi kuat tekan rencana, penelitian dilanjutkan dengan pembuatan benda uji beton dan *paving block* menggunakan material pasir vulkanik Malang dengan umur rencana 28 hari. Pada beton segar dilakukan pengujian berat isi dan uji slump untuk mengetahui karakteristik beton segar. Selanjutnya benda uji beton

menjalani proses curring atau perawatan selama 28 hari, kemudian dilakukan pengujian kuat tekan beton untuk mengevaluasi kinerja mekanis beton yang dihasilkan. Pada *paving block*, setelah proses pencetakan dilakukan curring selama 28 hari. Selanjutnya dilakukan pengujian kuat tekan *paving block* serta pengujian daya serap air untuk menilai mutu dan karakteristik fisis *paving block*. Seluruh data hasil pengujian kemudian dianalisis dan dibahas secara sistematis guna mengetahui pengaruh penggunaan pasir vulkanik Malang terhadap sifat beton dan Paving Block, sehingga dapat ditarik kesimpulan akhir dari penelitian yang dilakukan.



Gambar 1. Bagan alir pelaksanaan penelitian

### 3. HASIL DAN DISKUSI

#### 3.1 Hasil pemeriksaan agregat halus

Pada pengujian analisis saringan dapat menentukan klasifikasi gradasi pada tanah, kemudian nilai modulus kehalusan juga didapatkan yang berfungsi untuk menentukan tingkat angka kekasaran agregat tersebut dan semakin besar nilai modulus kehalusan maka semakin besar pula agregat tersebut. Dari hasil pemeriksaan agregat halus yang telah dilakukan, dapat dilihat bahwa material agregat halus (pasir vulkanik malang) memenuhi spesifikasi gradasi sesuai standar dan masuk pada zona IV berdasarkan SNI 03-2834-2000 (Tabel 3).

Tabel 3. Hasil Pemeriksaan Gradasi Agregat Halus (pasir malang)

| Ukuran saringan<br>Mm | Ukuran saringan<br>Cm | Berat tertahan<br>(gr) | Berat kumulatif<br>(gr) | %<br>Tertahan<br>(gr) | Passing<br>% | Spesifikasi<br>passing<br>% |
|-----------------------|-----------------------|------------------------|-------------------------|-----------------------|--------------|-----------------------------|
| 4.75                  | #4                    |                        |                         |                       | 100          | 100                         |
| 2.36                  | #8                    | 337,18                 | 337,18                  | 67,44                 | 32,56        | 33                          |
| 1.18                  | #16                   | 108,48                 | 445,66                  | 89,13                 | 10,87        | 11                          |
| 0.6                   | #30                   | 28,97                  | 474,63                  | 94,93                 | 5,07         | 5                           |
| 0.30                  | #50                   | 10,30                  | 484,93                  | 96,99                 | 3,01         | 3                           |
| 0.15                  | #100                  | 13,07                  | 498,00                  | 99,60                 | 0,40         | 0                           |
|                       |                       |                        |                         | 448,09                |              |                             |
|                       |                       |                        | FM =                    | 4,48%                 |              |                             |

$$FM = \frac{\text{berat tertahan kumulatif}}{100}$$

$$= \frac{448,09}{100}$$

$$= 4,48 \%$$

Pengujian zat organik berfungsi untuk mengetahui ada atau tidaknya kandungan bahan organik berbahaya yang dapat menurunkan mutu beton. Dari hasil pemeriksaan kadar zat organik pasir vulkanik malang diperoleh warna No.1 pada tintometer (Tabel 4). Warna ini menyatakan bahwa kadar zat organik yang terkandung didalam pasir tersebut berada paling atas pada batas standar zat organik.

**Tabel 4. Hasil Pemeriksaan Kadar Organik Pasir Malang**

| No | Pengujian | Hasil perbandingan dengan tintometer |
|----|-----------|--------------------------------------|
| 1  | 1         | No. II                               |

Dari Tabel 5, hasil pemeriksaan bahan dapat dijelaskan bahwa pesentase bahan yang terdapat pada agregat halus yang lolos saringan No. 200 sebesar 3,14%. Ini menunjukkan bahwa agregat halus tersebut memiliki kandungan lumpur di bawah batas maksimum 5% (SNI ASTCM 117:2012).

**Tabel 5. Hasil Pemeriksaan Passing 200**

| No | Uraian  | Berat (gr) |
|----|---|------------|
| 1  | Berat benda uji awal (W1)                                   | 500        |
| 2  | Berat benda uji tertahan saringan #200 setelah di oven (W2) | 479,26     |
| 3  | Berat benda uji lolos saringan #200 (W3)                    | 15,74      |
|    | Passing 200 = W3/W1 × 100%                                  | 3,14%      |

Berat isi merupakan berat persatuan volume. Untuk wadah ukur berat isi di sini yaitu memakai mold. Fungsi pemeriksaan ini adalah menyamakan suatu berat volume dalam pekerjaan bila tidak dapat memakai timbangan sehingga material diukur menggunakan volume. Dari Tabel 6, hasil pengujian berat isi agregat halus diperoleh berat isi agregat halus sebesar 1,09 gr/cm<sup>3</sup> dengan standar minimal 1,2 gr/cm<sup>3</sup>. Ini menunjukkan bahwa pasir vulkanik malang yang akan digunakan tidak memenuhi standar SNI 03-4804-1998 karna pasir vulkanik malang ini berongga dan ringan

**Tabel 6. Hasil Pemeriksaan Berat Isi Agregat Halus**

| No | Lepas/Gembur              | I    | II   | II   |
|----|---------------------------|------|------|------|
| A  | Berat tempat + Benda uji  | 6910 | 6915 | 6910 |
| B  | Berat Tempat              | 3810 | 3810 | 3810 |
| C  | Berat benda uji (A-B)     | 3095 | 3105 | 3100 |
| D  | Volume tempat             | 2827 | 2827 | 2827 |
| E  | Berat isi benda (C:D)     | 1,09 | 1,09 | 1,09 |
| F  | Berat benda uji rata rata | 1,09 | 1,09 | 1,09 |

Dari Tabel 7, hasil pengujian berat jenis agregat halus didapatkan nilai berat jenis apparent 2,52 gr/cm<sup>3</sup>, berat jenis kering 2,30 gr/cm<sup>3</sup>, berat jenis SSD 2,39 gr/cm<sup>3</sup> dan penyerapan air 3,80 % dapat dilihat bahwa agregat halus memenuhi standar SNI ASTM C136-06 dengan standar berat jenis agregat minimal sebesar 2,3 gr/cm<sup>3</sup> dan penyerapan air maksimal 5 %.

1. Berat jenis *Apparent* adalah ukuran relatif dari kepadatan agregat halus terhadap air. Ini adalah cara untuk mengetahui seberapa baik agregat melayang, tenggelam atau mengapung dalam air tersebut.
2. Berat jenis kering agregat mengacu pada berat jenis agregat yang diukur ketika agregat tersebut tidak mengandung kelembapan atau air atau kepadatan relatif agregat dalam keadaan kering
3. Berat jenis SSD merupakan agregat dalam kondisi agregat memiliki kelembapan yang stabil di permukaannya, tapi tidak memiliki air yang berlebihan di dalamnya.
4. Penyerapan air agregat adalah seberapa mampu agregat menyerap air

**Tabel 7.** Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus

| No | Uraian                             | Berat (gr) |
|----|------------------------------------|------------|
| A  | Labu Takar No.                     |            |
| B  | Berat Labu Takar + Benda Uji SSD   | 661,31     |
| C  | Berat Labu Takar                   | 161,31     |
| D  | Berat Benda Uji SSD (B-C)          | 500        |
| E  | Berat Labu Takar + Air + Benda Uji | 950,22     |
| F  | Berat Labu Takar + Air             | 659,63     |
| G  | Berat Benda Uji Kering (Oven)      | 481,71     |

### 3.2 Hasil pemeriksaan agregat kasar

Berdasarkan hasil dari Tabel 8, pemeriksaan agregat kasar diperoleh bahwa material agregat kasar yang digunakan di penelitian ini memenuhi spesifikasi dengan FM = 6,98. Spesifikasi gradasi masuk pada ukuran butiran *max* 40mm (SNI 7656-2012).

**Tabel 8.** Hasil pemeriksaan gradasi agregat kasar

| Ukuran saringan | Berat tertahan (gr) | Kumulatif tertahan (gr) | % tertahan (gr) | Passing % | Spesifikasi passing % |
|-----------------|---------------------|-------------------------|-----------------|-----------|-----------------------|
| (Mm) (Inch)     |                     |                         |                 |           |                       |
| 38,1 1,5"       |                     |                         |                 | 100       | 100                   |
| 19,05 3/4"      | 535                 | 535                     | 10,70           | 89,30     | 89                    |
| 9,53 3/8"       | 3970                | 4505                    | 90,10           | 9,90      | 10                    |
| 4,75 #4         | 465                 | 4970                    | 99,40           | 0,60      | 1                     |
| 2,36 #8         | 5,54                | 4975,5                  | 99,51           | 0,49      | 0                     |
| 1,18 #16        | 2,18                | 4977,7                  | 99,55           | 0,45      | 0                     |
| 0,6 #30         | 1,25                | 4979                    | 99,58           | 0,42      | 0                     |
| 0,30 #50        | 1,58                | 4980,6                  | 99,61           | 0,39      | 0                     |
| 0,15 #100       | 4,77                | 4985,3                  | 99,71           | 0,29      | 0                     |
| 0,075 #200      |                     |                         |                 |           |                       |
|                 | FM                  |                         | 6,98            |           |                       |

Dari Tabel 9 hasil pemeriksaan bahan dapat diterangkan bahwa presentase bahan yang terdapat pada agregat kasar memiliki kandungan lumpur yang memenuhi spesifikasi yaitu dibawah maksimum 1% (SNI ASTCM 117:2012).

**Tabel 9.** Hasil pemeriksaan passing 200 agregat kasar

| No | Uraian   | Berat (gr) |
|----|--|------------|
| 1  | Berat Benda Uji Semula (Sebelum Dicuci)        | 5000       |
| 2  | Berat Benda Uji Saringan No.200 Setelah dioven | 4940       |
| 3  | Berat Benda Uji Lewat Saringan No.200          | 25,70      |
|    | Passing 200 = W3/W1 x 100%                     | 0,51       |

Pengujian berat volume bertujuan untuk menentukan berat volume agregat dan berat volume didefinisikan sebagai perbandingan antara berat agregat kering dengan volumenya. Dari Tabel 10 hasil pengujian diperoleh berat isi agregat kasar sebesar 1,37 gr/cm<sup>3</sup> dengan standar minimal sebesar 1,2 gr/cm<sup>3</sup>. Hasil ini menunjukkan bahwa batu pecah yang digunakan tersebut memenuhi standar SNI 7656-2012.

**Tabel 10.** Hasil pemeriksaan berat isi agregat kasar

| No | Lepas/Gembur              | I     | II    | II    |
|----|---------------------------|-------|-------|-------|
| 1  | Berat Tempat + Benda Uji  | 7715  | 7700  | 7645  |
| 2  | Berat Tempat              | 3810  | 3810  | 3810  |
| 3  | Berat Benda Uji (A-B)     | 3133  | 3085  | 3031  |
| 4  | Volume Tempat             | 2827  | 2827  | 2827  |
| 5  | Berat Benda Uji (C:D)     | 1,381 | 1,376 | 1,357 |
| 6  | Berat Benda Uji Rata-rata |       | 1,37  |       |

Dari Tabel 11, hasil pengujian agregat kasar didapatkan hasil berat jenis *apparent* sebesar 2,74 gr/cm<sup>3</sup>, berat jenis kering 2,51 gr/cm<sup>3</sup>, berat jenis SSD 2,59 gr/cm<sup>3</sup> dan penyerapannya 3,41% dapat dilihat bahwa agregat kasar memenuhi standar SNI ASTM C 136-06 dengan standar berat jenis minimal sebesar 2,3 gr/cm<sup>3</sup> dan penyerapan air maksimal 5%.

**Tabel 11.** Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar

| No | Uraian                         | Berat (gr) |
|----|--------------------------------|------------|
| 1  | Berat Benda Contoh SSD diudara | 5000       |
| 2  | Berat Benda Contoh dalam air   | 3070       |
| 3  | Berat Benda Uji Kering (Oven)  | 4835       |

Dari Tabel 12, hasil pemeriksaan keausan agregat dengan mesin los angeles, diperoleh nilai keausan dari agregat kasar adalah 28,2. Berarti nilai keausan agregat memenuhi standar batas maksimal yang diizinkan berdasarkan ASTM C 136-06 yaitu maksimal 27 - 30.

**Tabel 12.** Hasil Pemeriksaan Abrasi

| No | Uraian                                  | Berat (gr) |
|----|---|------------|
| 1  | Berat Benda Uji Semula                  | 5000       |
| 2  | Berat Benda Uji Tertahan Saringan No.12 | 3590       |
| 3  | Berat Benda Uji Lewat Saringan No.12    | 1187       |

$$\text{Kearusau} = \frac{5000 - 3590}{5000} \times 100 = 28,2$$

### 3.3 Hasil pemeriksaan semen

Berdasarkan Tabel 13, pengujian yang sudah dilakukan diperoleh hasil Bj semen yaitu sebesar 3,125 gr/ml dan semen tersebut memenuhi standar SNI ASTM C136-06 dengan standar Bj minimal sebesar 3,1 gr/ml.

**Tabel 13.** Hasil pemeriksaan berat jenis semen

| No | Pemeriksaan                               | Gelas ukur 1 | Gelas ukur 2 |
|----|---|--------------|--------------|
|    |   | 100 ml       | 100 ml       |
| 1  | Berat Semen Portland (gram)               | 25           | 25           |
| 2  | Bacaan V1 (ml)                            | 40           | 40           |
| 3  | Bacaan V2 (ml)                            | 48           | 48           |
|    | Bj semen = $\text{Berat Semen} / V2 - V1$ | 3,125        | 3,125        |
|    | Bj Semen Rata-rata = $GU 1 + GU 2 / 2$    | 3,125        |              |

Berdasarkan Tabel 13, hasil pemeriksaan diperoleh berat isi semen PCC sebesar 1,119 gram/cm<sup>3</sup>. Hasil ini dapat digunakan dalam perhitungan mix desain paving block.

**Tabel 13.** Hasil Pemeriksaan Berat Isi Semen

| No | Lepas/Gembur  | I     | II    | II    |
|----|---|-------|-------|-------|
| A  | Berat Tempat + Benda Uji (gram)                       | 7067  | 6928  | 6904  |
| B  | Berat Tempat (gram)                                   | 3810  | 3810  | 3810  |
| C  | Berat Benda Uji (A-B) (gram)                          | 3265  | 3118  | 3094  |
| D  | Volume Tempat (cm <sup>3</sup> )                      | 2827  | 2827  | 2827  |
| E  | Berat Isi Benda Uji (C:D) (gram/cm <sup>3</sup> )     | 1,155 | 1,103 | 1,094 |
| F  | Berat Isi Benda Uji Rata-rata (gram/cm <sup>3</sup> ) |       | 1,119 |       |

### 3.4 Test Slump

Pengujian *slump* dilakukan untuk mengetahui tingkat kelecahan (workability) campuran beton dengan variasi penggunaan pasir vulkanik Malang. Nilai *slump* digunakan sebagai indikator kemudahan penggerjaan beton segar serta untuk memastikan bahwa campuran beton masih berada dalam rentang *slump* yang disyaratkan. Hasil pengujian *slump* untuk setiap variasi campuran beton disajikan pada Tabel 14. Tabel 14 menunjukkan nilai *slump* yang didapat memenuhi spesifikasi untuk adukan beton pada penelitian dengan standar 25 – 75 mm. Semakin banyak pasir vulkanik malang ditambahkan ke dalam beton maka nilai *slump* mengalami penurunan karena pasir vulkanik Malang bersifat menyerap air.

**Tabel 14.** Test *slump*

| No | Variasi           | Nilai Slump (mm) |
|----|-------------------|------------------|
| 1  | Beton Normal      | 4                |
| 2  | 50% Pasir Malang  | 7,2              |
| 3  | 100% Pasir Malang | 18               |

### 3.5 Pengujian berat jenis beton

Hasil pengujian  $\gamma$  beton didapatkan nilai  $\gamma$  seperti pada Tabel 14. Dari hasil pada Tabel 14, dapat disimpulkan bahwa semakin banyak Pasir Vulkanik Malang yang ditambahkan maka nilai  $\gamma$  beton mengalami penurunan karena pasir vulkanik Malang memiliki sifat menyerap air dapat menyebabkan berat beton berkurang.

**Tabel 15.** Pengujian  $\gamma$  beton

| No | Variasi                    | Nilai $\gamma$ Beton |
|----|----------------------------|----------------------|
| 1  | Beton Normal               | 9270                 |
| 2  | 50% Pasir Vulkanik Malang  | 9760                 |
| 3  | 100% Pasir Vulkanik Malang | 8600                 |

### 3.6 Analisis kuat tekan beton

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan beton pada umur 28 hari dengan kuat tekan rencana sebesar  $f_c'$  15 MPa (Tabel 16), diperoleh bahwa campuran beton dengan penggunaan pasir vulkanik Malang sebesar 50% menghasilkan kuat tekan sebesar 18,33 MPa. Nilai kuat tekan tersebut melebihi kuat tekan rencana, sehingga dapat disimpulkan bahwa beton telah memenuhi bahkan melampaui mutu yang direncanakan. Dengan demikian, beton dengan campuran pasir vulkanik Malang 50% layak digunakan untuk aplikasi konstruksi ringan, seperti bahu jalan.

**Tabel 16.** Pengujian Kuat Tekan Beton

| Variasi Penambahan Pasir Vulkanik Malang (%) | No. Sampel | Berat (kg) | Umur Beton (Hari) | Kekuatan Tekanan (KN) | Kekuatan Kuat Tekan (MPa) | Kuat Tekan Rata Rata (MPa) |
|--|------------|------------|-------------------|-----------------------|---------------------------|----------------------------|
| 0%   | 1          | 12740      | 28                | 196                   | 16,26                     | 17,23                      |
|  | 2          | 13340      |                   | 236                   | 19,58                     |                            |
|  | 3          | 12085      |                   | 191                   | 15,85                     |                            |
| 50%  | 1          | 11580      | 28                | 173                   | 14,35                     | 18,33                      |
|  | 2          | 12075      |                   | 231                   | 19,17                     |                            |
|  | 3          | 12340      |                   | 259                   | 21,49                     |                            |
| 100%   | 1          | 9305       | 28                | 29                    | 2,40                      | 3,17                       |
|  | 2          | 9955       |                   | 43                    | 3,56                      |                            |
|  | 3          | 9595       |                   | 43                    | 3,56                      |                            |

**Tabel 17.** Nilai kuat tekan berdasarkan persentase campuran

| No | Persentase campuran                  | Nilai Kuat Tekan (MPa) |
|----|--------------------------------------|------------------------|
| 1. | Campuran pasir vulkanik malang 0 %   | 17,23 MPa              |
| 2. | Campuran pasir vulkanik malang 50 %  | 18,37 MPa              |
| 3. | Campuran pasir vulkanik malang 100 % | 3,17 MPa               |

Berdasarkan hasil penelitian, disarankan agar penggunaan pasir vulkanik Malang dalam campuran beton dibatasi hingga maksimal 50% untuk menjaga kuat tekan beton tetap optimal. Penggunaan pasir vulkanik Malang sebesar 100% tidak direkomendasikan karena menghasilkan kuat tekan yang sangat rendah, sehingga berpotensi menurunkan kestabilan serta daya tahan beton dalam aplikasi konstruksi.

### 3.7 Analisis kuat tekan *paving block*

Sebelum dilakukan pengujian kuat tekan, *paving block* terlebih dahulu dirawat (curing) selama 28 hari. Selanjutnya, pengujian kuat tekan dilakukan menggunakan alat uji tekan di Laboratorium Teknik Sipil Institut Teknologi Padang. Hasil pengujian kuat tekan *paving block* disajikan pada Tabel 17. Berdasarkan hasil tersebut, nilai kuat tekan *paving block* dengan campuran pasir vulkanik Malang sebesar 13,84 MPa. Nilai ini memenuhi persyaratan kuat tekan *paving block* tipe C menurut SNI 03-0691-1996, yaitu berkisar antara 12,7–15 MPa, sehingga *paving block* tersebut layak digunakan untuk aplikasi pejalan kaki.

Kuat tekan yang dihasilkan menunjukkan bahwa penggunaan pasir vulkanik Malang sebagai agregat halus mampu memberikan daya ikat yang baik dalam campuran *paving block*, sehingga menghasilkan material dengan kekuatan yang memadai untuk area beban ringan, seperti trotoar dan taman. Namun demikian, meskipun nilai kuat tekan telah memenuhi standar, aspek lain seperti daya serap air perlu mendapat perhatian khusus karena dapat mempengaruhi durabilitas *paving block* terhadap pengaruh cuaca dan genangan air. Selain itu, hasil pengujian menunjukkan bahwa berat rata-rata *paving block* dengan agregat pasir vulkanik Malang adalah sebesar 2.052 kg/m<sup>3</sup>, sedangkan *paving block* dengan pasir alami memiliki berat rata-rata sebesar 2.352

kg/m<sup>3</sup>. Perbedaan berat ini mengindikasikan bahwa penggunaan pasir vulkanik Malang menghasilkan *paving block* yang lebih ringan.

**Tabel 17. Pengujian kuat tekan *paving block***

| Variasi Penambahan Pasir Vulkanik Malang (%) | Berat Sampel (kg) | Beban (N) | Umur <i>Paving Block</i> (Hari) | Luas (mm <sup>2</sup> ) | Kekuatan Kuat Tekan (MPa) | Kuat Tekan Rata (MPa) |
|--|-------------------|-----------|---------------------------------|-------------------------|---------------------------|-----------------------|
| 100%   | 1940              | 219       | 28                              | 20000                   | 10,95                     | 13,84                 |
|  | 2030              | 305       |                                 | 20000                   | 15,25                     |                       |
|  | 2255              | 377       |                                 | 20000                   | 18,85                     |                       |
|  | 2110              | 261       |                                 | 20000                   | 13,05                     |                       |
|  | 1925              | 222       |                                 | 20000                   | 11,10                     |                       |

### 3.8 Analisis penyerapan air *paving block*

Pengujian penyerapan air pada *paving block* (Tabel 19) dilakukan pada umur 28 hari. Pengujian dilaksanakan dengan cara merendam benda uji selama 24 jam, kemudian menimbang berat basahnya. Selanjutnya, sampel dikeringkan dalam oven selama 24 jam dan ditimbang kembali untuk memperoleh berat kering. Berdasarkan hasil pengujian penyerapan air yang dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Institut Teknologi Padang, diperoleh nilai penyerapan air *paving block* sebagaimana disajikan pada Tabel 18.

Mengacu pada SNI 03-0691-1996, batas maksimum penyerapan air untuk *paving block* kelas mutu C adalah sebesar 8%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan pasir vulkanik Malang menghasilkan nilai penyerapan air sebesar 13,67%, sehingga tidak memenuhi persyaratan standar yang ditetapkan. Tingginya nilai penyerapan air ini mengindikasikan bahwa *paving block* dengan pasir vulkanik Malang memiliki ketahanan yang lebih rendah terhadap air, yang berpotensi mempercepat kerusakan material, terutama pada lingkungan dengan curah hujan tinggi atau kondisi tergenang.

Penyerapan air yang tinggi tersebut diduga disebabkan oleh porositas pasir vulkanik Malang yang relatif lebih besar dibandingkan pasir alami, sehingga memiliki lebih banyak rongga yang mampu menyerap air. Selain itu, faktor proses pencetakan juga dapat mempengaruhi hasil, seperti pemanasan yang kurang merata akibat tekanan cetak yang tidak seragam atau distribusi material dalam cetakan yang tidak homogen. Kondisi ini menyebabkan adanya perbedaan kerapatan material pada *paving block*.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, diperlukan penyesuaian komposisi campuran *paving block*, antara lain dengan penambahan bahan tambahan (admixture) yang berfungsi mengurangi daya serap air. Penggunaan superplasticizer atau bahan waterproofing dapat menjadi alternatif untuk menurunkan penyerapan air tanpa mengurangi kuat tekan *paving block*. Modifikasi campuran ini diharapkan mampu memenuhi persyaratan penyerapan air sesuai SNI sekaligus meningkatkan durabilitas *paving block* terhadap pengaruh lingkungan.

**Tabel 18. Pengujian penyerapan air *paving block***

| Variasi Penambahan Pasir Vulkanik Malang (%) | No. Sampel | Berat Basah (gr) | Umur <i>Paving Block</i> (Hari) | Berat Kering (gr) | Penyerapan Air (%) | Penyerapan Air Rata-Rata (%) |
|--|------------|------------------|---------------------------------|-------------------|--------------------|------------------------------|
| 100%   | 1          | 2350             | 28                              | 2085              | 12,71              | 13,67                        |
|  | 2          | 2050             |                                 | 1790              | 14,53              |                              |
|  | 3          | 2235             |                                 | 2175              | 2,76               |                              |
|  | 4          | 2085             |                                 | 1825              | 14,25              |                              |
|  | 5          | 2445             |                                 | 1970              | 24,11              |                              |

## 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis terhadap penggunaan pasir vulkanik Malang sebagai campuran beton dan *paving block*, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Beton dengan variasi penggantian pasir vulkanik Malang sebesar 0%, 50%, dan 100% menghasilkan kuat tekan berturut-turut sebesar 17,32 MPa; 18,38 MPa; dan 3,22 MPa. Variasi 0% dan 50% memenuhi kuat tekan rencana  $f_c' = 15$  MPa, sedangkan variasi 100% tidak memenuhi.
2. *Paving block* dengan penggunaan pasir vulkanik Malang menghasilkan kuat tekan sebesar 13,84 MPa, sehingga memenuhi persyaratan *paving block* tipe C untuk penggunaan pejalan kaki (10–15 MPa) sesuai SNI 03-0691-1996. Namun, nilai penyerapan air sebesar 13,67% melebihi batas maksimum penyerapan air *paving block* tipe C, yaitu 8%.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Arman, A., dkk. (2014) *Studi desain campuran pasir gunung ex Lubuk Alung terhadap kuat tekan beton normal.*
- Asrullah (2019) ‘Analisa kuat tekan dengan menggunakan Sika Concrete Repair Mortar dan tempurung kelapa pada campuran beton K-300’, *Jurnal Teknik Sipil UNPAL*, 9.
- Badan Standardisasi Nasional (1996) *Bata beton (paving block)*. SNI 03-0691-1996. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional (2000) *Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal*. SNI 03-2834-2000. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional (2002) *Tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung*. SNI 03-2847-2002. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional (2008) *Cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat kasar*. SNI 1969-2008. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional (2008) *Cara uji berat isi, volume produksi campuran dan kadar udara beton*. SNI 1973-2008. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional (2012) *Tata cara pemilihan campuran untuk beton normal, beton berat, dan beton massa*. SNI 7656-2012. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional (2014) *Metode uji bahan organik dalam agregat halus untuk beton*. SNI 2816: ICS 91.100.30. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Cahyarini, T. dan Widjaja, A. (2014) ‘Analisis pengaruh karakteristik bahan baku agregat pasir Malang dan kerikil Pandaan terhadap kuat tekan, kuat tarik, dan modulus elastisitas beton mutu tinggi’.
- Denny Adi Prasetyo dan Daryl Adrilian (2021) ‘Analisa pengaruh perbandingan pasir Galunggung dengan pasir Cimalaka terhadap kuat tekan beton mutu rendah’.
- Fatoni (2018) *Studi beton ringan menggunakan material abu batu dan pasir Malang*.
- Hadi (2020) *Analisis jenis pasir terhadap kuat tekan beton*.
- Pratiwi (2024) *Pengaruh penambahan abu tempurung kelapa terhadap kuat tekan dan penyerapan air paving block*.
- Puspitasari (2023) *Kajian perbandingan kuat tekan dan berat jenis beton dengan pasir Mundu dan pasir Malang*.
- Syamsuddin, dkk. (2023) *Perbandingan uji kuat tekan beton K-200 dan substitusi serbuk tempurung kelapa terhadap beton normal*.