



Pemanfaatan Limbah Keramik Sebagai Bahan Alternatif Campuran Agregat Kasar Pada Beton

Arif Arizal Firmansyah^{a,*}, Putu Ariawan^b, I Gusti Ngurah Putu Dharmayasa^c, Komang Agus Ariana^d

^aUniversitas Pendidikan Nasional, Denpasar

^bUniversitas Pendidikan Nasional, Denpasar

^cUniversitas Pendidikan Nasional, Denpasar

^dUniversitas Pendidikan Nasional, Denpasar

*Corresponding author, email address: arifarizalfirmansyah86@gmail.com

ARTICLE INFO

Article history:

Received: 1 Agustus 2023

Revised: 30 Agustus 2023

Accepted: 15 Oktober 2023

Available Online: 30 November 2023

Kata Kunci:

Beton, keramik, kuat tekan beton, slump,

Keywords:

Concrete, ceramics, slump, concrete compressive strength

ABSTRAK

Pemanfaatan limbah keramik juga untuk mengurangi dampak negatif pada lingkungan dan juga karena ketersediaan bahan baku agregat kasar yang semakin sedikit seiring dengan bertambahnya jumlah proyek. Oleh karena itu pada penelitian ini dilakukan eksperimen dengan memakai limbah keramik sebagai agregat untuk membuat campuran beton dengan variasi yang berbeda. Variasi campuran limbah keramik yang digunakan adalah 0%, 10%, 15%, 20% dan 40% dengan factor air semen (FAS) 0,6. Dari pengukuran nilai slump didapatkan nilai slump yang lebih besar untuk komposisi campuran limbah keramik yang lebih besar dan sebaliknya. Namun demikian nilai slump masih berada pada nilai rencana yaitu 5,0 cm sampai 12,0 cm dan untuk nilai kuat tekan rencana adalah 175 kg/m². Setelah dilakukan pengujian benda uji dapat nilai rata – rata kuat beton tertinggi yaitu pada beton tanpa campuran limbah keramik (0%) yaitu sebesar 16,01 MPa atau setara 192,83 kg/cm², kuat tekan beton dengan variasi campuran limbah keramik 10% sebesar 15,21 MPa atau 183,25 kg/cm², beton dengan variasi campuran limbah keramik 15% memiliki kuat tekan sebesar 15,01 MPa atau 180,82 kg/cm². Beton dengan variasi campuran limbah keramik 20% memiliki kuat tekan sebesar 13,64 Mpa atau 164,38 kg/cm², dan pada beton dengan variasi campuran 40% kuat tekan sebesar 9,87 MPa atau 118,96 kg/cm².

ABSTRACT

In every construction and renovation project, there is often waste that is rarely reused. Therefore, this research adopts an experimental method at the laboratory of the National Education University in Denpasar by creating five different variations of cylindrical specimens, each with three samples. The ceramic waste variations used are 0%, 10%, 15%, 20%, and 40%. By using an FAS value of 0.6, the slump value was obtained, However, despite this, the slump value still falls within the planned range of 5.0 cm to 12.0 cm, and for the planned compressive strength value, which is 175 kg/m², the highest average concrete strength value is found in the 0% variation, which is 16.01 MPa or equivalent to 192.83 kg/cm². The concrete with a 10% variation has a compressive strength of 15.21 MPa or 183.25 kg/cm², the concrete with a 15% variation has a compressive strength of 15.01 MPa or 180.82 kg/cm², the concrete with a 20% variation has a compressive strength of 13.64 MPa or 164.38 kg/cm², and the concrete with a 40% variation has a compressive strength of 9.87 MPa or 118.96 kg/cm².

1. PENDAHULUAN

Pembangunan infrastruktur adalah hal yang sangat penting bagi Indonesia yang merupakan sebuah negara kepulauan dengan kondisi geografis yang khas. Oleh karena itu, pemerintah saat ini berupaya memperkuat infrastruktur untuk mendukung pengembangan ekonomi dan pelayanan dasar. Memperkuat infrastruktur bertujuan untuk mendukung aktifitas perekonomian serta pemerataan pembangunan nasional (RPJMN : 2020 – 2024, 2024). Di Bali pembangunan infrastruktur sangat pesat khususnya di daerah perkotaan dan di daerah tujuan wisata, mulai dari pembangun baru ataupun renovasi. Hal ini dapat dilihat dari jumlah hotel di seluruh kabupaten di Bali dengan jumlah total pada tahun 2022 sebanyak 498 hotel dengan hotel terbanyak terdapat di Kabupaten Badung sebanyak 380 hotel pada tahun yang sama (BPS Bali, 2023).

Dalam setiap pekerjaan pembangunan konstruksi dan renovasi selalu dijumpai limbah yang jarang dimanfaatkan kembali dan dibuang begitu saja. Limbah ini bisa berasal dari kegiatan pembongkaran atau material kecil yang mungkin sudah tidak dapat digunakan. Salah satu contohnya limbah potongan keramik atau limbah hasil pembongkaran keramik lantai lama. Keramik adalah hasil dari pengolahan tanah liat dengan teknik khusus untuk menciptakan objek yang diinginkan, dan setelah menjalani proses pembakaran suhu tinggi, benda ini menjadi keramik yang matang (Prima Yustana, 2018). Dalam penelitian ini dilakukan dengan memberikan bahan tambahan yang digunakan sebagai pengganti agregat kasar yaitu limbah keramik yang berasal dari material sisa renovasi villa.

Pemanfaatan limbah keramik sebagai bahan campuran agregat kasar pada beton dapat menjadi alternatif yang menarik karena limbah keramik memiliki karakteristik dan sifat yang mirip dengan bahan agregat kasar seperti kekerasan, kekuatan, serta memiliki potensi untuk mengurangi dampak negatif pada lingkungan serta ketersediaan bahan mentah yang semakin sedikit. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh dari campuran limbah keramik terhadap uji slump dan untuk mengetahui perbandingan antara kuat tekan beton normal dengan kuat tekan yang menggunakan bahan limbah keramik. Dalam ini dapat diketahui apakah keramik ini memenuhi syarat sebagai agregat dan menghasilkan mutu beton sesuai dengan standar yang berlaku. Mengingat material limbah keramik dapat menjadi salah satu alternatif material yang ramah lingkungan, karena seringkali dianggap sebagai material yang terabaikan.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Beton

Beton adalah bahan konstruksi yang terdiri dari campuran agregat kasar, agregat halus, air, dan semen portland yang dicampur dengan atau tanpa bahan campuran tambahan (*admixture*) sedemikian rupa sehingga mempunyai kekakuan yang diinginkan (SNI 2847:2019, 2019).

Beton memiliki berbagai jenis dan karakteristik, seperti kekuatan tekan, kekuatan tarik, modulus elastisitas, dan lain sebagainya yang ditentukan oleh proporsi campuran bahan-bahan tersebut serta metode pengadukan dan pengerasan beton. Berdasarkan berat satuan beton dapat dibedakan menjadi beberapa jenis, yaitu:

- A. Beton ringan: merupakan beton yang memiliki berat maksimum sebesar 1900 kg/m^3 (SNI-03-2847-2002, 2002).
- B. Beton normal: beton yang memiliki berat berkisar antara 2200 kg/m^3 hingga 2500 kg/m^3 (SNI 7656:2012, 2012).
- C. Beton berat: beton yang mempunyai berat lebih besar dari 2500 kg/m^3 (SNI 7656:2012, 2012).
- D. Beton massa: Beton massa merupakan beton yang mempunyai ukuran penampang komponen besar, sehingga memerlukan perlakuan khusus untuk mengatasi panas hidrasi dari semen serta menjaga perubahan volumen yang dapat menimbulkan keretakan (SNI 7656:2012, 2012).

2.2 Bahan Penyusun Beton

Bahan penyusun beton merupakan campuran dari beberapa bahan yang terdiri dari bahan pengikat (semen), bahan pengisi (agregat kasar dan halus), air, dan bahan tambahan lainnya seperti aditif dan bahan pengisi (filler) dalam jumlah kecil. Berikut ini penjelasan dari setiap bahan penyusun beton antara lain:

A. Semen

Semen adalah bahan perekat hidrolis yang digunakan untuk menyatukan material konstruksi. Semen sendiri memiliki beberapa jenis varian berdasarkan bahan campuran yang terkandung didalamnya.

B. Agregat

Definisi agregat adalah bahan granular seperti pasir, kerikil, batu pecah, atau bahan alami atau buatan lainnya, yang digunakan bersama-sama dengan semen dan air untuk membuat beton (SNI 2847:2019, 2019). Agregat yang digunakan harus memenuhi syarat-syarat tertentu, seperti ukuran butir, berat jenis, keausan, kemurnian, dan lain sebagainya. Hal ini untuk memastikan kualitas dan keandalan beton yang dihasilkan.

1) Agregat kasar

Agregat kasar merupakan material yang terdiri dari batu alam yang telah diproses oleh mesin pemecah batu, dan memiliki ukuran antara 5 mm hingga 40 mm (SNI-03-2834-2000, 2000). Ukuran partikel maksimum pada agregat tergantung pada tujuan penggunaannya. Ukuran agregat memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kekuatan tekan beton. Semakin besar ukuran agregat maksimum yang digunakan, maka semakin rendah kekuatan beton yang dihasilkan. Hal ini terjadi karena semakin besar ukuran agregat kasar, semakin besar juga jarak antara partikel agregat, sehingga meningkatkan potensi terjadinya jebakan udara. Jebakan udara ini dapat menyebabkan kekuatan tekan beton yang lebih rendah.

2) Agregat halus

Agregat halus atau yang sering juga disebut dengan pasir merupakan agregat dengan besar butir maksimum 4,75 mm (ASTM C33). Dalam (SNI-03-2834-2000, 2000), agregat halus adalah Pasir alam yang terbentuk melalui dekomposisi alami batuan atau pasir lainnya, dan memiliki ukuran butir sebesar 5,0 mm.

C. Air

Air memiliki peran penting sebagai bahan dasar dalam pembuatan beton, namun harganya paling murah. Air digunakan untuk bereaksi dengan semen dan sebagai bahan pelumas antara butir-butir agregat, sehingga mudah dikerjakan dan dipadatkan. Air yang digunakan dalam pencampuran beton harus bersih dan tidak mengandung zat-zat yang dapat merusak beton atau tulangan, seperti oli, asam, alkali, garam, bahan organik, atau bahan-bahan lain yang berpotensi merugikan.

2.3 Uji Slump

Uji slump beton atau disebut juga uji kejatuhan adalah salah satu metode pengujian yang digunakan untuk mengukur konsistensi atau kecenderungan aliran beton segar. Uji ini dilakukan dengan cara mengukur penurunan beton setelah adukan beton dituangkan ke dalam kerucut khusus yang kemudian ditarik perlahan-lahan. Penurunan atau deformasi beton ini memberikan indikasi tentang konsistensi dan kecenderungan aliran beton. Hasil pengujian deformasi menjadi faktor kunci dalam menilai kekonsistenan

beton untuk proyek konstruksi. Nilai yang diinginkan dapat bervariasi tergantung pada jenis konstruksi dan spesifikasi teknis beton yang digunakan (SNI 1972:2008, 2008).

2.4 Kuat Tekan

Kuat tekan beton adalah kemampuan beton untuk menahan tekanan atau beban yang diberikan. Kuat tekan beton diukur dalam satuan tekanan, seperti megapascal (MPa) atau pound per inci persegi (psi). Benda uji beton berbentuk silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Kekuatan tekan beton dipengaruhi oleh proporsi atau perbandingan antara semen, agregat kasar, agregat halus, dan air. Benda uji beton ditekan menggunakan mesin tekan hingga pecah. Beban tekan maksimum yang terjadi saat benda uji hancur kemudian dibagi dengan luas penampang benda uji akan menghasilkan nilai kuat desak beton. Kuat desak beton tersebut dinyatakan dalam satuan Megapascal (MPa) atau kilogram per sentimeter persegi (kg/cm²). Pengujian ini pada umumnya dilaksanakan pada saat beton berusia 28 hari. Alat uji atau mesin yang digunakan untuk menguji benda uji silinder yaitu alat *Compression Testing Machine*. Untuk menghitung kuat tekan beton menggunakan rumus berikut (SNI 1974:2011, 2011)

3. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen yang tergolong metode penelitian kuantitatif. Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan sebuah eksperimen percobaan pembuatan beton dengan limbah keramik sebagai bahan alternatif campuran dari agregat kasar dengan 5 variasi presentase jumlah limbah keramik yang berbeda. Lokasi untuk penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Pendidikan Nasional, yang beralamatkan di Jl. Bedugul No. 39, Sidekarya, Denpasar Selatan, Kota Denpasar, Bali.

3.1 Analisa Data

A. Analisa ayakan

Pengujian ini bertujuan untuk melakukan analisis terhadap distribusi ukuran partikel (gradasi) dengan menggunakan metode ayakan. Selain itu, pengujian juga bertujuan untuk mendapatkan nilai modulus bahan butiran halus (MHB). Pengujian ini mengacu dan berpedoman pada SNI ASTM C136:2012.

Pertama, agregat halus dikeringkan dengan menggunakan oven. Kemudian, diambil dua sampel pasir kering, masing-masing dengan berat 500 gram. Sampel pasir disaring menggunakan ayakan dari yang terkecil hingga terbesar dengan mesin penggetar selama 5 menit. Berat sampel yang tertahan pada setiap ayakan diukur setelah proses selesai. Untuk agregat kasar, langkah serupa diulangi dengan sampel berat 2000 gram. Setelah pengayakan, dilakukan perhitungan persentase lolos, persentase total tertahan, dan persentase dalam berbagai fraksi dengan ketelitian mendekati 0,1% berdasarkan massa awal contoh yang sudah kering. Jika contoh sebelumnya telah diuji dengan metode lain, massa total contoh sebelum pencucian digunakan sebagai dasar perhitungan. Selanjutnya, massa bahan tertahan pada setiap saringan dijumlahkan untuk menghitung persentase sesuai ketentuan. Modulus kehalusan dapat dihitung jika diperlukan, dengan mengakumulasikan persentase bahan tertahan pada setiap saringan berdasarkan ukuran butir yang berbeda.

B. Analisa Kadar Lumpur Agregat

Pengujian kadar lumpur agregat bertujuan untuk menentukan jumlah kandungan lumpur atau material halus lainnya yang terdapat dalam agregat. Material halus yang lolos dari ayakan nomor 200 yang disebut dengan lumpur dengan persentase maksimal untuk agregat halus sebesar 5% dan untuk agregat kasar sebesar 1%. Tahapan pengujian ini mengacu pada SNI 03-4142-1996.

Langkah-langkah pengujian dapat dijabarkan sebagai berikut: Pertama, timbang wadah tanpa benda uji. Selanjutnya, timbang benda uji dan masukkan ke dalam wadah. Tambahkan air hingga benda uji terendam. Aduk dan remas - remas untuk memisahkan butir kasar dan bahan halus yang bisa melewati saringan Nomor 200 (0,075 mm). Pastikan bahan halus melayang dalam larutan air pencuci

untuk mempermudah pemisahan. Tuangkan air pencuci hati-hati di atas saringan Nomor 16 (1,18 mm) di atas saringan Nomor 200 (0,075 mm) untuk mencegah buangan bahan kasar. Ulangi langkah-langkah pencucian hingga air cucian tampak jernih. Kembalikan benda uji yang tertahan pada saringan Nomor 16 (1,18 mm) dan Nomor 200 (0,075 mm) ke dalam wadah, lalu keringkan menggunakan oven pada suhu $(110\pm 5)^{\circ}\text{C}$ hingga berat tetap. Akhirnya, timbang sampel dengan ketelitian maksimum 0,1% dari berat contoh. Hitung persentase bahan yang lolos saringan Nomor 200 (0,075 mm) menggunakan rumus:

$$W3 = \frac{w1 - w2}{w1} \times 100\%$$

Dengan :

W3 = Bahan lolos saringan nomor 200 (%)

(W1) = Berat kering benda uji awal (gram)

(W2) = Berat kering benda uji setelah pencucian (gram)

C. Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Air

Pengujian berat jenis dan penyerapan air membantu dalam menentukan kualitas agregat. Berat jenis agregat adalah ukuran kepadatan atau berat per unit volume agregat, sementara penyerapan air adalah kemampuan agregat untuk menyerap air. Kedua parameter ini dapat memberikan informasi tentang kepadatan, porositas, dan kualitas fisik agregat.

Langkah-langkah pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus, sesuai dengan standar SNI 1970:2008, dapat diuraikan sebagai berikut. Pertama, siapkan peralatan dan ambil 400 gram agregat halus sebagai berat benda uji dalam kondisi jenuh kering permukaan. Selanjutnya, masukkan agregat halus ke dalam gelas ukur dan tambahkan air hingga mencapai volume 500 ml. Aduk dan goyang-goyangkan campuran untuk mengeluarkan gelembung udara, lalu tambahkan air lagi hingga volume mencapai 800 ml. Timbang campuran bersama gelas ukur, dan buang air perlahan untuk memisahkan air dari agregat halus. Keringkan agregat halus dalam oven pada suhu $110\pm 5^{\circ}\text{C}$. Isi gelas ukur dengan air hingga volume 800 ml, timbang bersama gelas ukur, dan timbang agregat halus yang sudah dikeringkan. Terakhir, hitung nilai berat jenis dan penyerapan dengan menggunakan rumus yang telah ditentukan. Dengan langkah-langkah ini, pengujian dapat dilakukan secara akurat sesuai dengan standar yang berlaku.

Berat jenis curah kering (S_d)

$$S_d = \frac{A}{(B+S-C)}$$

Berat jenis curah jenuh kering permukaan (S_{sd})

$$S_{sd} = \frac{B}{(B+S-C)}$$

Berat jenis semu (S_a)

$$S_a = \frac{A}{(B+A-C)}$$

Penyerapan air (S_w)

$$S_w = \left[\frac{S-A}{A} \right] \times 100\%$$

Dengan :

A = Berat pasir kering oven (gram)

B = Berat piknometer yang berisi air (gram)

C = Berat piknometer dengan benda uji dan air sampai batas pembacaan (gram)

S = Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan (gram)

Langkah-langkah pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar, sesuai dengan ketentuan SNI 1969:2008, dapat dijelaskan sebagai berikut. Pertama, persiapkan peralatan dan ambil 2000 gram agregat kasar dengan ukuran saringan No. 1 ½ inci. Cuci agregat untuk menghilangkan debu atau kotoran, dan rendam dalam air selama 24 ± 4 jam. Angkat agregat dan keringkan hingga mencapai

kondisi SSD (Surface Saturated Dry) dengan mengelap menggunakan kain. Timbang agregat dalam kondisi SSD, hasilnya adalah berat benda uji dalam kondisi jenuh kering permukaan. Masukkan agregat ke dalam keranjang kawat dan gerakkan agar udara yang terjebak dapat keluar. Timbang berat agregat dalam air untuk mendapatkan nilai benda uji dalam air. Keringkan agregat dalam oven pada suhu $110 \pm 5^\circ\text{C}$, dan biarkan mendingin pada suhu kamar selama 1 jam hingga 3 jam. Timbang berat agregat setelah dingin, dan hasilnya adalah nilai benda uji dalam kondisi kering oven. Dengan langkah-langkah ini, pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar dapat dilakukan sesuai dengan standar yang berlaku.

Berat jenis curah kering (S_d)

$$S_d = \frac{A}{(B-C)}$$

Berat jenis curah jenuh kering permukaan (S_{sd})

$$S_{sd} = \frac{B}{(B-C)}$$

Berat jenis semu (S_a)

$$S_a = \frac{A}{(A-C)}$$

Penyerapan air (S_w)

$$S_w = \left[\frac{B-A}{A} \right] \times 100\%$$

Dengan :

- A = Berat pasir kering oven (gram)
- B = Berat pasir jenuh kering permukaan udara (gram)
- C = Berat pasir dalam air (gram)

D. Perencanaan Campuran Beton (*Mix Desain* Beton)

Metode perencanaan campuran beton merupakan suatu teknik yang digunakan untuk menghitung proporsi bahan beton yang akan digunakan dalam suatu campuran beton tertentu, dengan tujuan untuk mencapai karakteristik atau sifat-sifat yang diinginkan pada beton yang akan dibuat. Metode ini juga dikenal dengan istilah perhitungan dosis beton. Metode perencanaan campuran beton ada beberapa macam, antara lain:

1. Metode ACI (*American Concrete Institute*)
2. Metode DOE (*Department of Environment*)
3. Metode *British Standard*
4. Metode *Dreux*
5. SNI 03-2834-2000 (Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal)

Pada penelitian yang dilakukan menggunakan perencanaan campuran beton dengan metode SNI 03-2834-2000. Metode ini merupakan metode yang sering digunakan di Indonesia.

E. Pembuatan Beton Segar

Pembuatan beton segar dilakukan dengan cara pengadukan manual, langkah pertama menimbang kebutuhan agregat yang telah didapat dari perhitungan *mix desain* beton. Kemudian campur terlebih dahulu agregat halus dan agregat kasar pada bak pengaduk hingga tercampur dengan merata. Setelah itu tambahkan semen dan aduk hingga semen tercampur dengan merata. Buat gundukan seperti gunung lalu dilubangi bagian tengahnya untuk tempat penuangan air. Tuangkan air pada lubang yang telah dibuat lalu tutup lubang tersebut. Kemudian aduk dengan cepat adonan beton segar dan aduk hingga semua bahan tercampur dengan rata.

F. Pengujian Slump

Langkah-langkah pengujian slump beton sesuai dengan SNI 1972:2008 yang pertama yaitu, mempersiapkan peralatan yang diperlukan. Basahi cetakan slump dengan air bersih, lalu tuangkan campuran beton secara bertahap sebanyak 3 lapis dimana setiap lapisan ditumbuk sebanyak 25 kali. Ratakan permukaan campuran beton di atas cetakan menggunakan alat yang rata. Angkat cetakan

secara vertikal dengan gerakan perlahan sehingga campuran beton tinggal di dalam cetakan. Selanjutnya, ukur slump beton, Letakkan cetakan disamping campuran beton yang sudah dikeluarkan dari cetakan tempatkan besi penumbuk di atas cetakan, dan ukur perubahan tinggi campuran beton dari posisi awal. Terakhir, catat hasil pengukuran sebagai nilai slump beton.

G. Pembuatan Benda Uji Silinder

Langkah – langkah awal untuk pembuatan benda uji silinder adalah mempersiapkan dan membersihkan cetakan berbentuk silinder. Kemudian masukan campuran beton segar kedalam cetakan, masukkan secara bertahap sebanyak 3 lapis dengan setiap lapisnya ditumbuk dengan besi sebanyak 25 kali. Setelah cetakan penuh ratakan permukaan atas.

H. Perawatan Benda Uji

Perawatan sampel benda uji pada penelitian ini dilakukan dengan cara merendam seluruh bagian beton kedalam bak air bersih, dilakukan setelah 24 jam dari waktu penuangan atau pembuatan adonan beton, dan diangkat dari bak air 1 hari sebelum pengujian kuat tekan beton. sebelum beton dimasukkan kedalam bak rendam, pemberian label dilakukan sesuai dengan variasi agregat yang dibuat dan tanggal pembuatan. Pada satu hari sebelum pengetesan atau setelah pengangkatan beton dari bak air, beton didinginkan dalam suhu ruangan dan tidak terkena terik matahari secara langsung.

I. Pengujian Kuat Tekan Beton

Letakkan landasan tekan yang datar dengan bagian bawahnya menghadap ke atas di atas meja atau permukaan datar mesin uji, langsung di bawah blok setengah bola. Bersihkan permukaan atas dan bawah landasan tekan, serta permukaan benda uji. Tempatkan benda uji di atas permukaan bawah landasan tekan. Mulai bebaskan benda uji secara bertahap tanpa lonjakan beban. Lanjutkan proses pembebanan hingga benda uji mengalami kerusakan, dan catat nilai beban maksimum yang diterima selama proses pembebanan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian dan Analisa Agregat

Dalam pengujian ini, analisis data hasil penelitian dilakukan untuk mencapai kombinasi beton yang diinginkan. Setelah melalui uji agregat, nilai-nilai dari data tersebut kemudian dipresentasikan dalam Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Data hasil pengujian seluruh agregat

No	Data Pengetasan	Nilai
1	Analisa gradasi saringan agregat halus	Daerah 2
2	Analisa gradasi saringan agregat kasar	Ukuran maksimum 40 mm
3	Analisa gradasi saringan agregat kasar limbah keramik	Ukuran maksimum 40 mm
4	Berat jenis agregat halus	2,53 gram
5	Berat jenis agregat kasar	2,35 gram
6	Berat jenis agregat kasar limbah keramik	2,18 gram
7	Penyerapan air agregat halus	2,85 %
8	Penyerapan air agregat kasar	3,98 %
9	Penyerapan air agregat kasar limbah keramik	10,51 %
10	Kadar lumpur agregat halus	4,72 %
11	Kadar lumpur agregat kasar	0,365 %
12	Kadar lumpur agregat kasar limbah keramik	0,225 5

(Sumber: Hasil penelitian pengujian, 2023)

4.2 Hasil Perhitungan *Mix Desain* Beton dan Proporsi Kebutuhan Bahan

Rencana campuran beton yang dilakukan menggunakan metode SNI 03-2834-2000, dan mendapatkan hasil beton rencana yang bisa dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Data hasil perhitungan *mix desain* beton

No.	Tahapan Perhitungan <i>Mix Desain</i>	Nilai
1	Kuat tekan yang direncanakan	14,5 MPa
2	Deviasi standart	12 MPa
3	Kuat tekan beton rata – rata yang ditargetkan	26,5 MPa
4	Jenis semen	Tipe 1
5	Susunan butir agregat halus	Daerah 2
6	Susunan butir agregat kasar	40 mm
7	Jenis agregat halus	Batu tak pecah
8	Jenis agregat kasar	Batu pecah
9	Faktor air semen bebas	0.65
10	Faktor air semen maksimum	0.6
11	Nilai slump	5,0 - 12,5 cm
12	Kadar air bebas	185 liter/m ³
13	Jumlah semen	308,33 kg/m ³
14	Jumlah semen minimum	275 kg/m ³
15	Persentase agregat halus	38,5 %
16	Persentase agregat kasar	61,5 %
17	Berat jenis agregat halus	2.53 gram
18	Berat jenis agregat kasar	2.35 gram
19	Berat jenis relatif agregat gabungan	2,44 gram
20	Berat isi beton	2.245 kg/m ³
21	Kadar agregat gabungan	1.751,67 kg/m ³
22	Kadar agregat halus	674,39 kg/m ³
23	Kadar agregat kasar	1.077,28 kg/m ³

(Sumber: Hasil perhitungan penelitian pengujian, 2023)

Setelah mengetahui hasil *mix desain* beton pada Tabel 2, maka diketahui kebutuhan bahan untuk 1 m³ adalah:

Semen : 308,33 kg/m³
 Agregat halus : 674,39 kg/m³
 Agregat kasar : 1.077,28 kg/m³
 Air : 185 liter/m³

Untuk benda uji silinder dengan ukuran tinggi 0,3 m dan lebar 0,15 m, maka volume silinder adalah 0,0053 m³. Dan untuk penelitian ini terdapat 5 variasi yang berbeda dimana setiap variasi memiliki sampel sebanyak 3 buah benda uji silinder. Dengan demikian, kebutuhan bahan untuk tiga buah silinder adalah:

Semen : 4,90 kg
 Agregat halus : 10,72 kg
 Agregat kasar : 17,13 kg
 Air : 2,94 liter

Berdasarkan perhitungan proporsi campuran beton yang telah didapat, maka kebutuhan bahan untuk setiap variasi dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Data hasil perhitungan kebutuhan bahan untuk setiap variasi

Bahan	Beton Normal	Beton Dengan Campuran Limbah keramik			
		10%	15%	20%	40%
Semen	4,90 kg	4,90 kg	4,90 kg	4,90 kg	4,90 kg
Agregat halus	10,72 kg	10,72 kg	10,72 kg	10,72 kg	10,72 kg
Agregat kasar	17,13 kg	15,42 kg	14,56 kg	13,70 kg	10,28 kg
Air	2,94 liter	2,94 liter	2,94 liter	2,94 liter	2,94 liter
Limbah keramik	0	1,71 kg	2,57 kg	3,43 kg	6,85 kg

(Sumber: Hasil perhitungan penelitian, 2023)

4.3 Hasil Pengujian Slump

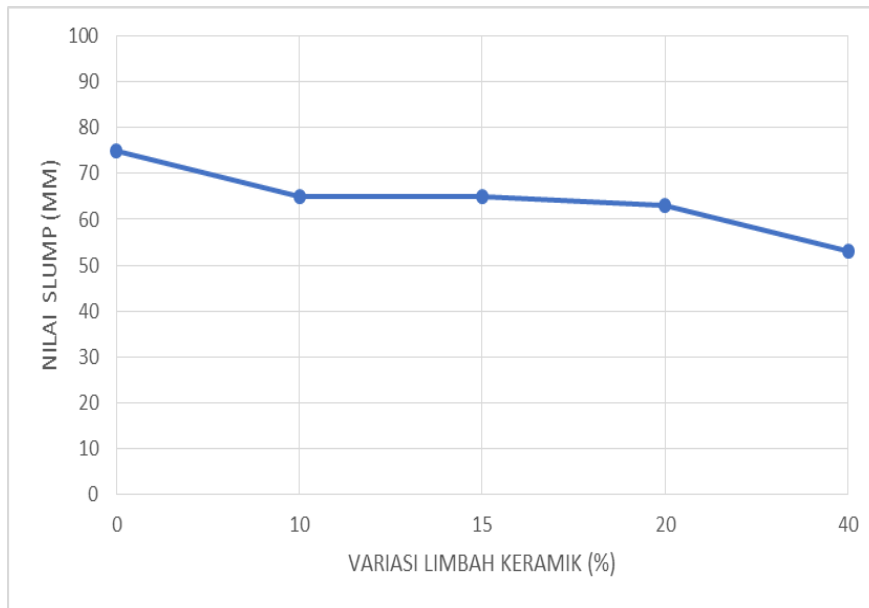
Dalam pengujian ini, dilakukan observasi terhadap campuran beton menggunakan metode slump test dengan memasukkan campuran beton ke dalam kerucut Abrams. Hasil slump test menunjukkan bahwa untuk beton normal, nilai slump test adalah 7,5 cm. Sementara itu, beton dengan campuran limbah keramik sebanyak 10% memiliki nilai slump 6,5 cm, beton dengan campuran limbah keramik 15% memiliki nilai slump 6,5 cm, beton dengan campuran limbah keramik 20% nilai slumpnya 6,3 cm, dan untuk beton dengan campuran limbah keramik sebesar 40% nilai slumpnya paling kecil yaitu 5,3 cm. Data lengkap hasil pengujian slump dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai dari pengujian slump

No.	Variasi Beton	Nilai Slump (cm)
1	Beton normal	7,5
2	Beton dengan campuran limbah keramik 10%	6,5
3	Beton dengan campuran limbah keramik 15%	6,5
4	Beton dengan campuran limbah keramik 20%	6,3
5	Beton dengan campuran limbah keramik 40%	5,3

(Sumber: Hasil penelitian pengujian, 2023)

Dengan menggunakan informasi yang ada pada Tabel 4, maka dapat dibuat sebuah grafik untuk mengilustrasikan korelasi antara nilai slump yang didapat pada setiap variasi.



Gambar 1. Grafik nilai slump dari 5 variasi beton
 (Sumber: Hasil penelitian pengujian, 2023)

Dari Gambar 2 terlihat bahwa semakin besar prosentase campuran keramik yang digunakan maka nilai slumpnya akan menurun. Hal ini karena nilai penyerapan air yang terjadi pada keramik yang sangat tinggi yaitu sebesar 10,51% (Tabel 1).

4.4 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

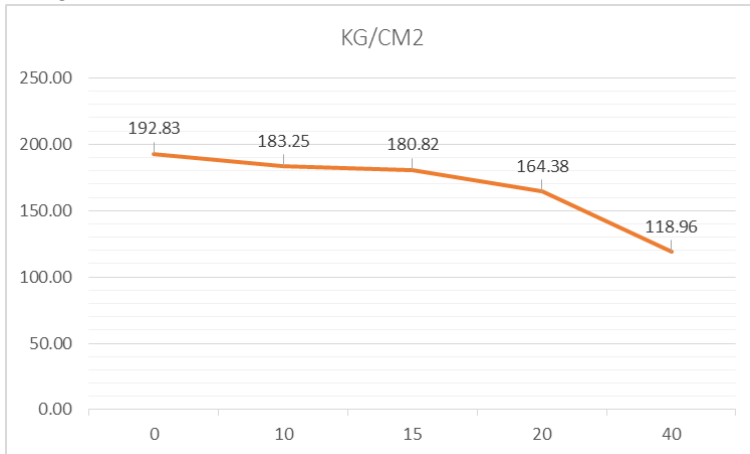
Pengujian kuat tekan beton dilakukan dengan mengacu pada SNI 1974:2011, yang dilaksanakan pada umur beton 28 hari dengan menggunakan mesin uji tekan. Bentuk benda uji berupa silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Detail hasil pengujian kuat tekan dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Nilai hasil dari pengujian kuat tekan beton

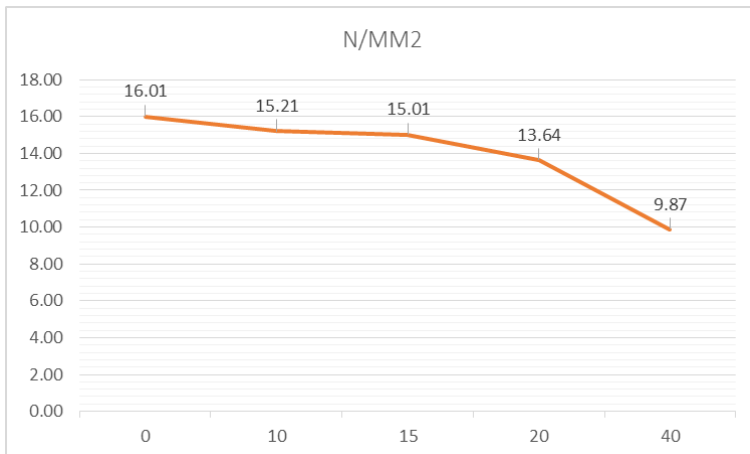
Nomor Sampel	Nama Sampel	Beban Maksimum Yang Diterima		KUAT TEKAN		RATA - RATA	
		KN	N	N/MM2	KG/CM2	N/MM2	KG/CM2
1	Beton normal	301,66	30.166	17,08	205,77		
2		280,6	28.060	15,89	191,41	16,01	192,83
3		265,81	26.581	15,05	181,32		
1	Beton keramik 10%	340,55	34.055	19,28	232,30		
2		254,19	25.419	14,39	173,39	15,21	183,25
3		211,19	21.119	11,96	144,06		
1	Beton keramik 15%	260,99	26.099	14,78	178,03		
2		279,56	27.956	15,83	190,70	15,01	180,82
3		254,67	25.467	14,42	173,72		
1	Beton keramik 20%	237,21	23.721	13,43	161,81		
2		242,56	24.256	13,73	165,46	13,64	164,38
3		243,17	24.317	13,77	165,87		
1	Beton keramik 40%	155,38	15.538	8,80	105,99		
2		149,15	14.915	8,44	101,74	9,87	118,96
3		218,66	21.866	1,38	149,16		

(Sumber: Hasil penelitian pengujian, 2023)

Dengan menggunakan informasi yang ada pada Tabel 5, maka dapat dibuat sebuah grafik untuk mengilustrasikan korelasi antara nilai nilai kuat tekan beton nrata – rata pada setiap variasi beton.



Gambar 2. Grafik nilai kuat tekan dari 5 variasi beton dalam satuan Kg/cm² (Sumber: Hasil penelitian pengujian, 2023)



Gambar 3. Grafik nilai kuat tekan dari 5 variasi beton dalam satuan N/mm² (Sumber: Hasil penelitian pengujian, 2023)

Dari pengujian kuat tekan beton terlihat bahwa semakin besar prosentase campuran keramik yang digunakan maka nilai kuat tekan betonya akan menurun. Pada campuran keramik 10% dan 15% beton masih berada pada mutu yang direncanakan yaitu 14,53 MPa atau 175 Kg/cm².

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut. Pertama semakin besar nilai campuran limbah keramik maka nilai slumpnya akan semakin mengecil, hal ini terjadi karena nilai penyerapan air pada limbah keramik sebesar 10,51%. Namun meskipun demikian nilai slump masih berada pada nilai rencana yaitu 5,0 cm sampai 12,0 cm.

Kedua, semakin banyak campuran limbah keramik yang digunakan untuk campuran beton maka nilai kuat tekan betonnya akan mengalami penurunan. Nilai rata – rata kuat beton tertinggi berada pada beton normal yaitu sebesar 16,01 MPa atau setara 192,83 Kg/cm², beton dengan limbah keramik sebanyak 10% sebesar 15,21 MPa atau 183,25 kg/cm², beton dengan campuran limbah keramik sebanyak 15% memiliki kuat tekan beton sebesar 15,01 MPa atau 180,82 kg/cm², pada beton dengan campuran limbah keramik sebanyak 20% sebesar 13,64 Mpa atau 164,38 kg/cm², dan pada beton dengan campuran limbah keramik paling besar yaitu pada 40% kuat tekan beton diperoleh sebesar 9,87 MPa atau 118,96 kg/cm².

5.2 Saran

Hasil dari penelitian yang dilakukan diharapkan dapat mampu membantu dalam perkembangan teknologi bahan beton dan penerapannya dilapangan. Diharapkan juga kepada peneliti selanjutnya agar dapat mengembangkan penelitian ini secara lebih dalam.

Disarankan untuk melakukan penelitian lebih lanjut dan mendalam mengenai keramik, karena banyaknya jenis – jenis keramik yang ada dipasaran. Sebaiknya keramik disiram terlebih dahulu sebelum digunakan untuk pencampuran beton gunanya untuk mengurangi penyusutan terhadap air semen. Kemudian diperlukan penelitian dengan nilai FAS yang berbeda untuk mengetahui perbandingan kuat tekan beton dalam setiap variasi nilai FAS. Penelitian ini dapat dijadikan sebagai literature tambahan atau sebagai bahan evaluasi untuk penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] ASTM, C 33. (1986). Astm C 33-03. Standard Specification For Concrete Aggregates. United States : American Standard Testing And Material, I(C), 1–11.
- [2] Badan Pusat Statistik Provinsi Bali. Diakses pada Juni 2023 dari <https://bali.bps.go.id/indicator/16/222/1/jumlah-hotel-bintang.html>.
- [3] Struktur Beton untuk Bangunan Gedung. *Jakarta: Badan Standar Nasional Indonesia*.
- [4] Indonesia, P. P. P. B. B. (1971). Peraturan Beton Bertulang Indonesia PBI NI-2. *Dept. PU dan Tenaga Listrik, Dirjen Cipta Karya, Bandung*.
- [5] Indonesia, S. N. (1996). SNI 03-4142-1996. Metode Pengujian Jumlah Bahan Dalam Agregat yang Lolos Saringan No. 200 (0,075 mm).
- [6] Nasional, B. S. (1989). SK SNI S-04-1989-F: Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A, Bahan Bangunan Bukan Logam. *Jakarta: BSN*.
- [7] Nasional, B. S. (2000). Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal. *SK SNI, 3, 2834-2000*.
- [8] Nasional, B. S. (2004). Semen portland pozolan. *Jakarta: BSNi*.
- [9] Nasional, B. S. (2004). SNI 15-2049-2004 Semen Portland. *Jakarta: BSN*.
- [10] Nasional, B. S. (2008). SNI 1969-2008 Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar. *Kementerian Pekerjaan Umum, Badan Penelitian dan Pengembangan PU*.
- [11] Nasional, B. S. (2008). SNI 1970: 2008 tentang Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus. *Badan Standarisasi Nasional, Jakarta*.
- [12] Nasional, B. S. (2008). SNI 1972-2008 Tentang Cara Uji Slump Beton. *Badan Standarisasi Nasional, Jakarta*.
- [13] Nasional, B. S. (2011). SNI 1974-2011 Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder. *Badan Standardisasi Nasional, Jakarta*.
- [14] Nasional, B. S. (2012). SNI ASTM C136: 2012. *Tentang Metode Uji Analisa Saringan Agregat Halus Dan Agregat Kasar (ASTM C 136-06, IDT), Jakarta*.
- [15] Nasional, B. S. (2012). SNI 7656: 2012 Tentang Tata Cara Pemilihan Campuran untuk Beton Normal, Beton Berat dan Beton Massa dengan Standar. *Badan Standarisasi Nasional, Jakarta*.
- [16] Nasional, B. S. (2019). SNI 2847: 2019 Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan penjelasan. *Jakarta: Badan Standarisasi Nasional, 694*.
- [17] Presiden Republik Indonesia. 2020. Peraturan Presiden Republik Indonesia No.18 Tahun 2020 tentang *Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional Tahun 2020-2024*.
- [18] Umum, D. P. (1982). Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia (PUBI).

- [19] Umum, D. P. (2004). Semen Portland Komposit dengan Standar SK SNI 15-7064-2004. *Badan Standarisasi Nasional*.
- [20] Yustana, Prima. 2018. *Mengenal Keramik*. Cetakan Pertama. Surakarta: Isi Press.