

Pengaruh Pecahan Genteng dan Keramik sebagai Bahan Pengganti Semen terhadap Kuat Tekan

Devi Rosalia¹, Julyan Purnomo², Nur Aida^{3*}

^{1,2,3}Teknik Sipil dan Pertambangan, Politeknik Negeri Ketapang

³nhuraidha@politap.ac.id*

Abstract

In a construction project, roof tiles and ceramics that are cracked (broken) are often thrown away as construction waste. Apart from that, house demolition activities also produce roof tile and ceramic shards that are not reused. No one has conducted research where this wastes is used as a substitute for cement. This research aims to determine the effect of roof tile and ceramic fragments as a substitute for cement on the compressive strength value of concrete. Experimental methods were used in this research. Observations were carried out at the structure and materials laboratory, Ketapang State Polytechnic. The results of the research show that the effect of using tile and ceramic fragments as a substitute for cement with varying percentages of 5% tile, 5% ceramic, 5% tile and ceramic, and 10% tile and ceramic in concrete has an effect on the compressive strength value. The greater the percentage of tile and ceramic fragments used in the concrete mixture, the more the compressive strength value of the concrete will decrease. The average compressive strength of concrete at 7 days between normal concrete and concrete with varying percentages of 5% tile, 5% ceramic, 5% tile and ceramic, and 10% tile and ceramic has a comparative value of 12.76 M.Pa, 12.03 MPa, 12.16 MPa, and 11.03 MPa. The average estimated compressive strength of concrete aged 28 days has comparative values of 19.00 MPa, 18.51 MPa, 18.71 MPa, 17.43 MPa, and 16.97 MPa.

Keywords: *compressive strength of concrete, roof tile fragments, ceramic fragments, cement substitute.*

Abstrak

Dalam suatu proyek konstruksi, seringkali genteng dan keramik yang mengalami keretakan (pecah) terbuang menjadi limbah konstruksi. Selain itu, kegiatan pembongkaran rumah juga menghasilkan pecahan genteng dan keramik yang tidak dimanfaatkan kembali. Belum ada yang melakukan penelitian dimana limbah tersebut digunakan sebagai bahan pengganti semen. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pecahan genteng dan keramik sebagai bahan pengganti semen terhadap nilai kuat tekan beton. Metode eksperimen digunakan dalam penelitian ini. Observasi dilakukan di Laboratorium struktur dan bahan, Politeknik Negeri Ketapang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengaruh pemanfaatan pecahan genteng dan keramik sebagai bahan pengganti semen dengan variasi persentase 5% genteng, 5% keramik, 5% genteng dan keramik, serta 10% genteng dan keramik pada beton berpengaruh terhadap nilai kuat tekannya. Semakin besar persentase penggunaan pecahan genteng dan keramik dalam campuran beton, maka nilai kuat tekan pada beton akan semakin menurun. Kuat tekan rata-rata beton pada umur 7 hari antara beton normal dan beton variasi pesentase 5% genteng, 5% keramik, 5% genteng dan keramik, serta 10% genteng dan keramik memiliki perbandingan nilai sebesar 12,76 MPa, 12,03 MPa, 12,16 MPa, dan 11,03 MPa. Kuat tekan beton rata-rata estimasi umur 28 hari memiliki perbandingan nilai sebesar 19,00 MPa, 18,51 MPa, 18,71 MPa, 17,43 MPa, dan 16,97 MPa.

Kata kunci: *kuat tekan beton, pecahan genteng, pecahan keramik, pengganti semen*

Diterima Redaksi : 06-01-2025 | Selesai Revisi : 27-01-2025 | Diterbitkan Online : 31-01-2025

1. Pendahuluan

Beton merupakan fungsi dari bahan penyusunnya yang terdiri dari bahan semen hidrolik, agregat kasar, agregat halus, air dan bahan tambah [1]. Campuran beton terkadang membutuhkan komponen tambahan untuk mendukung kinerjanya, untuk mengubah setidaknya salah satu sifat semen, saat masih baru atau setelah mengeras [2].

Bahan penyusun beton seperti semen campuran adalah semen portland yang dicampur dengan bahan lain yang sifatnya mirip dengan semen, yang bertujuan untuk menekan harga atau untuk mendapatkan sifat yang khusus [3]. Jika biaya berusaha ditekan serendah mungkin, diharapkan diperoleh beton dengan mutu yang tinggi. Dalam pembuatan mix design harus diperhatikan kualitas material yang baik sehingga kuat tekan beton yang dihasilkan sesuai dengan kuat tekan beton rencana, jika menggunakan W/C minimum maka harus ketat dalam pengadukan dan pencetakannya, sehingga kuat tekan beton dapat meningkat, jika menggunakan W/C minimum atau yang disesuaikan harus tidak melebihi batas slump yang ditetapkan, sehingga beton yang dihasilkan tidak terlalu encer [4].

Dalam suatu proyek konstruksi, seringkali genteng dan keramik yang mengalami keretakan (pecah) terbuang sia-sia dan menjadi limbah konstruksi. Selain itu, kegiatan pembongkaran rumah juga menghasilkan pecahan genteng dan keramik yang terbuang dan tidak dimanfaatkan kembali. Keramik merupakan suatu material bangunan, digunakan untuk melapisi lantai atau dinding, biasanya berbentuk plat persegi dan tipi terbuat dari tanah liat dengan cara dibakar pada suhu tertentu, sehingga mempunyai sifat fisik khusus [5]. Genteng merupakan salah satu komponen dari atap yang menutupi permukaan bagian atas bangunan yang tersusun saling bertindih (overlapping). Sifat agregat genteng sangat bergantung pada bahan dasarnya yaitu dari tanah liat yang menyebabkan variasi dari agregat yang dibentuknya [1]. Genteng dan keramik terbuat dari bahan tanah liat berkualitas baik, yang apabila dicampur dengan air secukupnya dapat tercampur merata, tidak tercampur dengan bantuan dan bersifat plastis.

Pemanfaatan material yang berasal dari alam sebagai bahan dasar beton dapat menyebabkan penggunaan yang tidak terkendali, sehingga salah satu upaya untuk mengurangi penggunaan tersebut dengan memanfaatkan limbah yang bisa digunakan untuk bahan pengganti pembuatan beton diantaranya pecahan genteng dan pecahan keramik. Penelitian sebelumnya telah banyak melakukan penelitian dengan memanfaatkan limbah pecahan genteng dan keramik sebagai pengganti agregat kasar. Tetapi belum ada yang melakukan penelitian dimana limbah tersebut digunakan sebagai bahan pengganti semen [5]–[9]. Pecahan tersebut dibuat menjadi campuran pengganti semen karena semen, genteng dan keramik sama-sama mengandung bahan senyawa kimia atau silika.

Pemakaian beton yang semakin banyak menuntut suatu kualitas beton yang memadai sehingga sangat dibutuhkan peran penting konstruksi beton. Hal tersebut mendorong manusia berupaya untuk memperoleh suatu penemuan alternatif penggunaan konstruksi beton dalam berbagai bidang secara tepat dan efisien dengan melakukan berbagai penelitian, sehingga dapat diperoleh mutu beton yang lebih baik [9]. Selain itu, inovasi juga diperlukan agar bahan penyusun beton tidak lagi hanya mengandalkan bahan dari alam yang mana jumlahnya semakin berkurang serta jenisnya yang tidak dapat diperbarui. Salah satu bahan yang dapat ditambahkan dalam pembuatan beton diantaranya genteng dan keramik [8]. Pecahan dari bahan ini yang halus bersifat seperti pasir, sedikit menaikkan kekuatan mortar dan menaikkan sifat hidrolis dari mortar [1]. Pengujian kuat tekan beton dengan menggunakan pecahan genteng dan keramik sebagai bahan pengganti semen juga diharapkan mengalami peningkatan nilai kuat tekan dan dapat memenuhi target kuat tekan beton itu sendiri. Tujuan dalam penelitian ini mengetahui pengaruh pecahan genteng dan keramik dengan variasi persentase 5% genteng, 5% keramik, 5% genteng dan keramik, dan 10% genteng dan keramik sebagai bahan pengganti semen terhadap nilai kuat tekan beton.

Beton merupakan material konstruksi yang diperoleh dari pencampuran pasir, kerikil/batu pecah, semen dan air. Terkadang beberapa macam bahan tambahan yang dicampurkan ke dalam campuran tersebut dengan tujuan memperbaiki sifat-sifat dari beton, antara lain meningkatkan workability, durability serta waktu pengerasan beton. Beton segar yang baik ialah beton segar yang dapat diaduk, dapat diangkut, dituang, dipadatkan, tidak ada kecenderungan untuk terjadi segregasi (pemisahan kerikil dari adukan) maupun bleeding (pemisahan air dan semen dari adukan).

Bahan penyusun beton terdiri dari air, semen, agregat halus dan agregat kasar. Agregat merupakan butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton [10]. Bahan tambahan atau bahan ganti merupakan bahan selain unsur pokok beton (air, semen, dan agregat) yang ditambahkan pada adukan beton, sebelum, segera atau selama pengadukan beton. Pecahan genteng merupakan salah satu komponen yang terbuat dari tanah liat sisa pemakaian, sedangkan pecahan keramik merupakan sisa keramik dari pemasangan keramik pada suatu bangunan dinding atau lantai.

Pengujian agregat halus berupa material pasir Sungai Pawan, dilakukan dengan analisis saringan agregat halus prosedur yaitu : (1) menimbang pasir sebanyak 2.000 gram; (2) mengeringkan benda uji dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ selama 24 jam; (3) menyiapkan saringan dengan urutan dari diameter besar ke kecil; (4) menuangkan

pasir sedikit demi sedikit ke dalam saringan yang paling atas, kemudian menggoyangkan saringan dengan menggunakan alat sieve shaker selama 15 menit; (5) mendinginkan selama 5 menit setelah proses tersebut, agar debu dan pasir yang sangat halus mengendap; (6) pasir yang tertahan di setiap saringan ditimbang dan dicatat sesuai zona.

Pengujian kadar lumpur dilakukan dengan prosedur berikut : (1) memasukkan pasir ke dalam sand equivalent kapasitas 15 ml sebanyak 80 gram pada masing-masing sampel; (2) menuangkan air larutan NaOH menggunakan peralatan pipa tabung mengalir dengan perlahan sampai pada ukuran 15 ml kemudian ditutup rapat; (3) mengoyangkan sand equivalent selama 15 menit setelah itu didiamkan selama 20 menit; (4) membaca skala pasir dengan cara memasukkan besi skala ke dalam sand equivalent, kemudian hasil pembacaan dikurangi tinggi skala besi yaitu 10; (5) mencatat hasil data kadar lumpur.

Pengujian kadar air dilakukan dengan prosedur yaitu : (1) menimbang benda uji pasir (tanpa dicuci) sebanyak \pm 200 gram; (2) memasukkan benda uji ke dalam cawan kemudian menimbang dan mencatat beratnya; (3) mengeringkan benda uji dalam oven dengan suhu (110 ± 5) °C selama 24 jam; (4) menimbang dan mencatat berat benda uji setelah dikeringkan dalam oven, kemudian menghitung kadar airnya.

Pengujian berat isi dilakukan dengan prosedur yaitu : pengujian agregat halus (lepas) dan pengujian agregat halus (padat). Kemudian dilakukan pengujian berat jenis dan penyerapannya.

Pengujian agregat kasar berupa batu merak dari Perusahaan CV. Sinar Utama. Prosedur pelaksanaan pengujiannya hampir sama dengan pengujian agregat halus diantaranya : analisis saringan, kadar lumpur, kadar air, berat isi dan pengujian berat jenis dan penyerapannya, tetapi ada pengujian keasusan pada agregat kasar tersebut.

Pengujian semen yang dilakukan berupa pengujian waktu pengikat menggunakan alat vicat. Sedangkan pengujian bahan pengganti dalam hal ini genteng dan keramik dilakukan pengujian kadar air, pengujian berat jenis dan penyerapannya, dimana prosedur langkahnya sama dengan pengujian agregat halus dan kasar.



Gambar 1. Proses pengayakan agregat bahan pengganti genteng dan keramik

Langkah-langkah perencanaan campuran beton menurut SNI 02-2834-2000 yaitu : (1) menetapkan kuat tekan beton rencana; (2) berdasarkan kuat tekan rata-rata menentukan fas, dengan mengambil yang terkecil; (3) menentukan berat semen minimum; (4) menentukan berat air minimum per m³ beton; (5) menentukan proporsi gradasi agregat gabungan sehingga masuk dalam rentang gradasi sesuai grafik; (6) menentukan kebutuhan agregat halus dan agregat kasar beton [11]. Pembuatan benda uji dilakukan dengan langkah sebagai berikut : (1) membersihkan alat-alat terlebih dahulu, kemudian menimbang bahan-bahan yang akan digunakan sesuai dengan perhitungan komposisi sebelumnya; (2) menuangkan semen, pasir, agregat kasar dan bahan pengganti semen (genteng dan keramik) kemudian aduk campuran beton; (3) memasukkan air sedikit demi sedikit sesuai dengan jumlah yang telah ditentukan; (4) melakukan pengujian slump untuk mengukur tingkat workability adukan beton sampai nilai slump telah memenuhi spesifikasi; (5) memasukkan adukan beton yang telah memenuhi spesifikasi nilai slump ke dalam cetakan silinder, sambil menusuk dengan tongkat pemadat dan memukul dengan palu karet agar adukan beton merata dan padat; (6) mendinginkan benda uji selama 20 jam; (7) membuka cetakan dan mendinginkan beton sampai 24 jam setelah itu merendam beton ke dalam air.

Pelaksanaan curing atau perawatan beton dilakukan segera setelah beton mengalami atau memasuki fase hardening (untuk permukaan beton yang terbuka) atau setelah pembukaan cetakan atau acuan atau bekisting. Perawatan benda uji dilakukan dengan cara direndam ke dalam bak perendaman. Benda uji diangkat dari bak 1 hari sebelum diuji (pada saat berumur 6 hari), agar pada waktu diuji sampel dalam keadaan tidak basah.

Uji slump adalah suatu pengujian empiris atau metode yang digunakan untuk menentukan konsistensi atau kekuatan dari campuran beton segar untuk menentukan tingkat workability. Uji slump menunjukkan apakah campuran kekurangan, kelebihan atau cukup air. Proses pengujian slump berdasarkan pada SNI 1972-2008 [12].

Kekuatan beton merupakan salah satu kinerja utama beton, dimana kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas [1]. Uji kuat tekan beton dilakukan dengan langkah sebagai berikut : (1) menimbang benda uji; (2) melapisi permukaan atas benda uji dengan mortar belereng; (3) meletakkan benda uji pada mesin tekan secara sentris; (4) menjalankan mesin tekan dengan penambahan beban yang konstan berkisar antara 2 sampai 4 kg/cm² per detik; (5) melakukan pembebanan sampai benda uji menjadi hancur dan dilakukan pencatatan beban maksimum yang terjadi selama pemeriksaan benda uji; (6) mendokumentasikan bentuk pecah dan mencatat keadaan benda uji; (7) menghitung nilai kuat tekan beton menggunakan persamaan 1.

$$\text{Kuat Tekan Beton } f'c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(1)$$



Gambar 2. Proses pengukuran nilai kuat tekan beton

Pengujian kadar lumpur agregat halus dan agregat kasar diperoleh dengan perhitungan menggunakan persamaan 2. Untuk pengujian kadar air agregat halus dan agregat kasar dilakukan dengan perhitungan menggunakan persamaan 3. Perhitungan berat isi agregat halus dan agregat kasar menggunakan persamaan 4. Pengujian berat jenis agregat halus menggunakan persamaan 5, 6 dan 7, sedangkan penyerapan agregat halus dengan persamaan 8. Untuk pengujian berat jenis agregat kasar menggunakan persamaan 9, 10 dan 11, sedangkan penyerapan agregat kasar dengan persamaan 12. Data pengujian keausan agregat kasar menggunakan persamaan 13.

Perhitungan kadar lumpur

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{\text{Tinggi agregat dalam piknometer}}{\text{Tinggi lumpur dalam piknometer}} \times 100\% \dots\dots\dots(2)$$

Pengujian kadar air

$$\text{Kadar Air Agregat} = \frac{W3 - W5}{W5} \times 100 \dots\dots\dots(3)$$

Pengujian berat isi atau volume

$$\text{Berat Volume Agregat} = \frac{W3}{V} \dots\dots\dots(4)$$

Perhitungan berat jenis agregat halus

$$\text{Berat Jenis Bulk Agregat Halus} = \frac{A}{B + S - C} \dots\dots\dots(5)$$

$$\text{Berat Jenis SSD Agregat Halus} = \frac{S}{B + S - C} \dots\dots\dots(6)$$

$$\text{Berat Jenis Semu Agregat Halus} = \frac{A}{B + A - C} \dots\dots\dots(7)$$

$$\text{Penyerapan Air Agregat Halus} = \frac{S - A}{A} \times 100\% \dots\dots\dots(8)$$

Perhitungan berat jenis agregat kasar

$$\text{Berat Jenis Bulk Agregat Kasar} = \frac{A}{B - C} \dots\dots\dots(9)$$

$$\text{Berat Jenis SSD Agregat Kasar} = \frac{B}{B - C} \dots\dots\dots(10)$$

$$\text{Berat Jenis Semu Agregat Kasar} = \frac{A}{A - C} \dots\dots\dots(11)$$

$$\text{Penyerapan Air Agregat Kasar} = \frac{B - A}{A} \times 100\% \dots\dots\dots(12)$$

Pengujian keausan agregat kasar

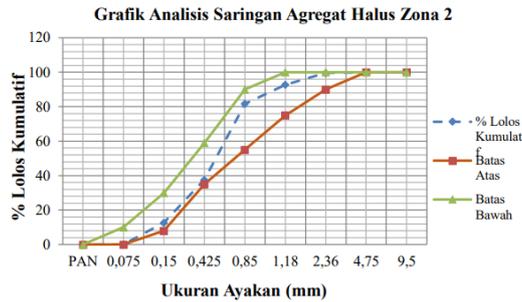
$$\text{Keausan Agregat Kasar} = \frac{a-b}{a} \times 100\% \dots\dots\dots(13)$$

2. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode eksperimen. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah campuran antara genteng dan keramik, sedangkan variabel terikat dalam penelitian ini nilai kuat tekan beton pada umur sampel 7 hari dan dikonversikan ke umur 28 hari. Pecahan genteng dan keramik diperoleh dari sisa renovasi (sisa bongkaran). Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Struktur dan Bahan, Politeknik Negeri Ketapang, mulai tanggal 12 Agustus sampai 31 Agustus 2023.

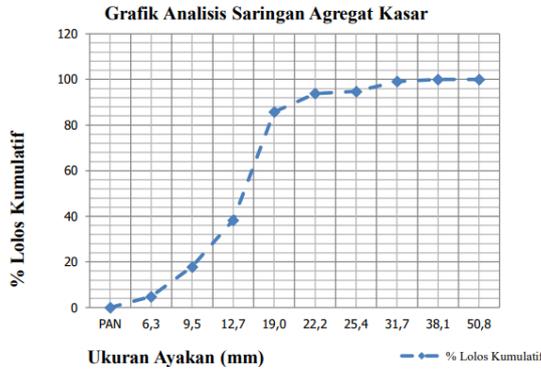
3. Hasil dan Pembahasan

Pengujian analisis saringan agregat halus menghasilkan grafik 1, sedangkan agregat kasar menghasilkan grafik 2.



Gambar 3. Grafik analisis saringan agregat halus

Dari Gambar 3 dapat dilihat agregat yang lolos ayakan 9,5 mm (100%), lolos ayakan 4,75 mm (99,94%), lolos ayakan 2,36 mm (99,61%), lolos ayakan 1,18 mm (92,76%), lolos ayakan 0,850 mm (81,73%), lolos ayakan 0,425 mm (17,6%), lolos ayakan 0,150 mm (0,21%), lolos ayakan 0,075 mm (0,09%) dan pan (0%).



Gambar 4. Grafik analisis saringan agregat kasar

Dari Gambar 4 dapat dilihat agregat yang lolos ayakan 50,8 mm (100%), lolos ayakan 38,1 mm (100%), lolos ayakan 31,7 mm (99,13%), lolos ayakan 25,4 mm (94,75%), lolos ayakan 22,2 mm (93,79%), lolos ayakan 19 mm (85,75%), lolos ayakan 12,7 mm (38,32%), lolos ayakan 9,5 mm (17,85%), lolos ayakan 6,3 mm (4,77%) dan pan (0%).

Tabel 1. Pengujian kadar lumpur agregat halus

Pemeriksaan	Sampel	
	1	2
Skala pembacaan lumpur (A)	3,9	3,0
Skala pembacaan pasir (B)	3,7	2,9
Kadar lumpur	94,87 %	96,67 %
Rata-rata	95,77 %	

Pengujian kadar lumpur menggunakan 2 sampel dengan kadar lumpur agregat halus rata-rata sebesar 95,77 %.

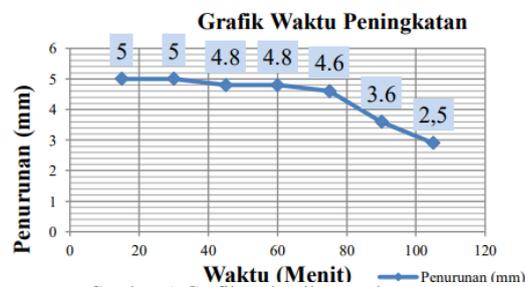
Tabel 2. Pengujian kadar lumpur agregat kasar

Pemeriksaan	Sampel		
	1	2	3
Berat benda uji kering oven sebelum dicuci	295,20	290,35	275,20
Berat benda uji kering oven setelah dicuci	294,03	289,21	273,94
Kadar lumpur	0,40 %	0,39 %	0,46 %
Rata-rata	0,42 %		

Pengujian kadar lumpur menggunakan 3 sampel dengan kadar lumpur agregat kasar rata-rata sebesar 0,42 %. Hasil pengujian kadar air agregat halus didapat kadar air rata-rata yaitu 2,37 %, sedangkan berat isi agregat halus padat sebesar 1,70 kg/cm³ dan lepas sebesar 1,54 kg/cm³. Untuk berat jenis pasir SSD agregat halus rata-rata sebesar 2,09 gr/cm³ dan penyerapan air rata-rata sebesar 3,5 %.

Hasil pengujian kadar air agregat kasar didapat kadar air rata-rata yaitu 1,91 %, sedangkan berat isi agregat kasar padat sebesar 1,55 kg/cm³ dan lepas sebesar 1,36 kg/cm³. Untuk berat jenis agregat kasar rata-rata 2,81 gr/cm³ dan penyerapan air rata-rata sebesar 4,05 %. Untuk keausan agregat kasar sebesar 26 %.

Hasil pengujian waktu ikan semen dapat dilihat pada grafik 3.



Gambar 5. Grafik waktu ikat awal semen

Untuk pengujian kadar air genteng dan keramik dapat dilihat pada Tabel 3 dan 4.

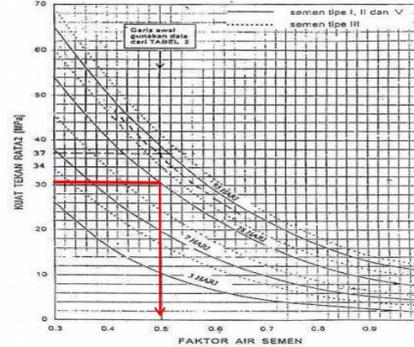
Tabel 3. Pengujian kadar air genteng

Pemeriksaan	Sampel		
	1	2	3
Berat cawan (W1)	4,42	5,08	5,02
Berat cawan + benda uji (W2)	123,65	103,15	111,23
Berat benda uji (W3 = W2 - W1)	119,23	98,07	106,21
Berat cawan + berat benda uji kering oven (W4)	121,59	101,55	109,35
Berat benda uji kering oven (W5)	117,17	96,47	104,33
Kadar air	1,76 %	1,66 %	1,80 %
Rata-rata	1,74 %		

Tabel 4. Pengujian kadar air keramik

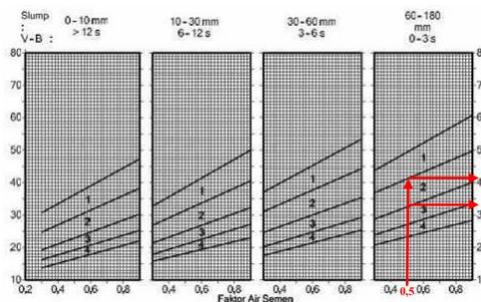
Pemeriksaan	Sampel		
	1	2	3
Berat cawan (W1)	5,05	4,72	4,63
Berat cawan + benda uji (W2)	87,41	77,47	70,39
Berat benda uji (W3 = W2 - W1)	82,37	72,75	65,76
Berat cawan + berat benda uji kering oven (W4)	86,96	77,00	69,68
Berat benda uji kering oven (W5)	81,92	72,28	65,05
Kadar air	0,55 %	0,65 %	1,09 %
Rata-rata	0,76 %		

Berdasarkan Tabel 3 dan 4 diperoleh nilai kadar air rata-rata genteng sebesar 1,74 % dan kadar air rata-rata keramik sebesar 0,76 %. Berdasarkan 2 sampel uji, diperoleh berat jenis genteng SSD rata-rata sebesar 1,71 gr/cm³ dan penyerapak air rata-rata 29,41 %, sedangkan berat jenis keramik SSD rata-rata sebesar 1,66 gr/cm³ dan penyerapak air rata-rata 24,68 %. Perencanaan campuran beton (*mix design*) dilakukan menurut SNI 03-2834-2000 dengan menetapkan kuat tekan yang direncanakan dalam penelitian ini pada umur beton 28 hari yaitu $f'c$ 19,3 MPa. Jenis semen yang digunakan adalah *Portland Composite* (PCC) yang termasuk semen tipe 1, diperoleh nilai perkiraan kuat tekan 30,78 MPa, yang kemudian dimasukkan kedalam Gambar 6. Hubungan nilai kuat tekan rata-rata dan tarik garis horizontal kebawah untuk mendapatkan nilai fas sebesar 0,5.



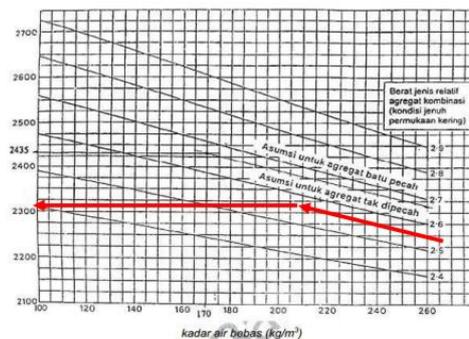
Gambar 6. Grafik penentuan faktor air semen

Nilai faktor air semen maksimum didapatkan berdasarkan dari lokasi beton yang berada di luar ruangan bangunan dan tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung jumlah semen minimum 325 kg dan fas 0,6. Nilai slump ditentukan sesuai dengan kondisi pelaksanaan pekerjaan agar diperoleh beton yang mudah dituangkan, dipadatkan, dan diratakan. Nilai slump yang didapatkan dari penelitian adalah 10 cm jadi menurut SNI 03- 2834-2000 kisaran nilainya antara 60-180 mm. Material yang digunakan tidak melebihi ukuran 20 mm. Jumlah air pengaduk bebas yang digunakan sebanyak 205 kg/m³. Jumlah semen maksimum yang digunakan sebanyak 410 kg/m³. FAS yang disesuaikan sebesar 0,5. Untuk menentukan persentase agregat halus dan kasar dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik jumlah persentase agregat halus

Berdasarkan grafik, maka jumlah persentase agregat halus sebesar 37 %, dan persentase agregat kasar sebesar 63 %. Berat jenis SSD sebesar 2,54 kg/m³.



Gambar 8. Grafik berat volume beton segar

Berat volume beton segar diperoleh sebanyak 2.310 kg/m^3 . Untuk berat agregat gabungan sebanyak 1.695 kg/m^3 . Berat agregat halus sebesar $627,15 \text{ kg/m}^3$ dan berat agregat kasar sebesar $1.067,85 \text{ kg/m}^3$. Adapun hasil komposisi campuran beton sesuai SNI 03-2834-2000 dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Komposisi campuran beton dalam 1 m^3 mutu beton $f'c$ 19,3 MPa

Kebutuhan	Satuan	Indeks SNI 03-2834-2000	
Bahan	Semen	kg	
	Pasir	kg	
	Kerikil	kg	
	Air	liter	
			410
			620,07
			1.045
			205

Sehingga komposisi campuran beton untuk 45 sampel benda uji dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Komposisi campuran beton untuk 45 sampel

Kombinasi	Semen (kg)	Genteng (kg)	Keramik (kg)
Normal	19,568	0	0
Variasi 5 % G	18,589	0,979	0
Variasi 5 % K	18,589	0	0,979
Variasi 5 % G + K	18,589	0,685	0,294
Variasi 10 % G + K	17,611	1,370	0,587
Total Komposisi	92,946	3,034	1,860

Untuk komposisi pasir setiap variasi sebanyak $29,594 \text{ kg}$ total yang diperlukan $147,970 \text{ kg}$. Komposisi kerikil setiap variasi sebanyak $49,875 \text{ kg}$, sedangkan total yang diperlukan sebanyak $249,375 \text{ kg}$. Untuk air yang digunakan setiap variasinya $9,784 \text{ liter}$, dan total air yang diperlukan sebanyak $48,920 \text{ liter}$.

Beton normal dibuat pada tanggal 18 Agustus 2023 dan tanggal pengujian beton 25 Agustus 2023 dengan nilai slump 9 cm memiliki nilai kuat tekan beton normal umur 7 hari sampel 1 sebesar $12,44 \text{ MPa}$, sampel 2 $13,12 \text{ MPa}$, sampel 3 $12,73 \text{ MPa}$ dengan rata-rata $12,76 \text{ MPa}$. Estimasi 28 hari pada sampel 1 sebesar $19,15 \text{ MPa}$, sampel 2 $20,19 \text{ MPa}$, sampel 3 $19,54 \text{ MPa}$ sehingga didapatkan nilai kuat tekan rata-rata adalah $19,64 \text{ MPa}$.

Beton variasi 5 % G dibuat pada tanggal 18 Agustus 2023 dan tanggal pengujian beton 25 Agustus 2023 dengan nilai slump 10 cm memiliki nilai kuat tekan beton variasi 5% genteng umur 7 hari sampel 1 sebesar $12,73 \text{ MPa}$, sampel 2 $9,90 \text{ MPa}$, sampel 3 $13,46 \text{ MPa}$ dengan rata-rata $12,03 \text{ MPa}$. Estimasi 28 hari pada sampel 1 $19,58 \text{ MPa}$, sampel 2 $15,23 \text{ MPa}$, sampel 3 $20,71 \text{ MPa}$ sehingga didapatkan nilai kuat tekan rata-rata adalah $18,51 \text{ MPa}$.

Beton variasi 5 % K dibuat pada tanggal 19 Agustus 2023 dan tanggal pengujian beton 26 Agustus 2023 dengan nilai slump 10 cm memiliki nilai kuat tekan beton normal umur 7 hari sampel 1 sebesar $14,37 \text{ MPa}$, sampel 2 $11,37 \text{ MPa}$, sampel 3 $10,75 \text{ MPa}$ dengan rata-rata $12,16 \text{ MPa}$. Estimasi 28 hari pada sampel 1 sebesar $22,10 \text{ MPa}$, sampel 2 $17,49 \text{ MPa}$, sampel 3 $16,53 \text{ MPa}$ sehingga didapatkan nilai kuat tekan rata-rata adalah $18,71 \text{ MPa}$.

Beton variasi 5 % G + K dibuat pada tanggal 21 Agustus 2023 dan tanggal pengujian beton 28 Agustus 2023 dengan nilai slump 10 cm memiliki nilai kuat tekan beton normal umur 7 hari sampel 1 sebesar $9,56 \text{ MPa}$, sampel 2 $11,43 \text{ MPa}$, sampel 3 $13,01 \text{ MPa}$ dengan rata-rata sebesar $11,33 \text{ MPa}$. Estimasi 28 hari pada sampel 1 sebesar $14,71 \text{ MPa}$, sampel 2 $17,58 \text{ MPa}$, sampel 3 $20,02 \text{ MPa}$. sehingga didapatkan nilai kuat tekan rata-rata adalah $17,43 \text{ MPa}$.

Beton variasi 10 % G + K dibuat pada tanggal 21 Agustus 2023 dan tanggal pengujian beton 28 Agustus 2023 dengan nilai slump 9 cm memiliki nilai kuat tekan beton normal umur 7 hari sampel 1 sebesar $12,90 \text{ MPa}$, sampel 2 $9,67 \text{ MPa}$, sampel 3 $10,52 \text{ MPa}$ dengan rata-rata sebesar $11,03 \text{ MPa}$. Estimasi 28 hari pada sampel 1 sebesar $19,84 \text{ MPa}$, sampel 2 $14,88 \text{ MPa}$, sampel 3 $16,19 \text{ MPa}$. sehingga didapatkan nilai kuat tekan rata-rata adalah $16,97 \text{ MPa}$.

Adapun grafik perbandingan nilai kuat tekan beton rata-rata pada umur 7 hari dan estimasi 28 hari dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Grafik perbandingan kuat tekan rata-rata 7 hari dan estimasi 28 hari

Nilai kuat tekan beton rata-rata pada umur 7 hari dari beton normal, beton variasi genteng 5%, beton variasi keramik 5%, beton variasi genteng + keramik 5% dan beton variasi genteng + keramik 10% tidak memenuhi standar nilai mutu beton $f'c$ 19,3 dikarenakan umur beton yang masih terlalu muda untuk dilakukan pengujian kuat tekan. Sedangkan pada hasil konversi nilai kuat tekan rata-rata pada estimasi umur 28 hari untuk beton normal memenuhi standar nilai mutu beton $f'c$ 19,3 akan tetapi mengalami penurunan pada beton variasi genteng 5%, beton variasi keramik 5%, beton variasi genteng + keramik 5% dan beton variasi genteng + keramik 10%. Dengan demikian semakin banyak persentase penggunaan genteng dan keramik kedalam campuran beton akan mengurangi nilai kuat tekan pada beton. Sehingga penambahan abu genteng dengan prosentase tertentu dapat mempengaruhi kuat tekan mortar [13]. Semakin banyak penambahan serbuk genteng dan kapur nilai kuat tekan dan berat volume pada benda uji semakin menurun [14].

4. Kesimpulan

Pengaruh pecahan genteng dan keramik dengan variasi persentase 5% genteng, 5% keramik, 5% genteng + keramik dan 10% genteng + keramik sebagai bahan pengganti semen terhadap nilai kuat tekan beton adalah semakin besar persentase penggunaan genteng dan keramik kedalam campuran beton maka akan semakin menurun nilai kuat tekan pada beton.

Pecahan genteng dan keramik tidak disarankan untuk digunakan sebagai bahan pengganti semen mutu beton $f'c$ 19,3 MPa, jika ingin menggunakan pecahan genteng dan keramik sebaiknya digunakan pada mutu beton yang lebih rendah dengan variasi persentasenya tidak lebih dari 1% - 4% saja.

Daftar Rujukan

- [1] T. Mulyono, *Teknologi Beton*. Yogyakarta, 2005.
- [2] Roziandi, Rinaldy, and T. Farizal, "Analisis Kuat Tekan Beton dengan menggunakan Campuran Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) sebagai Serat pada Perencanaan Mutu Beton K-225 di PT. Soefindo Kabupaten Nagan Raya," *J. Ilm. Tek. Unida*, vol. 3, no. 2, pp. 149–158, 2022.
- [3] P. Nugraha and Antoni, *Teknologi Beton*. Yogyakarta: ANDI dan LPPM Universitas Kristen Petra, 2004.
- [4] N. Paryati, S. Nuryati, E. Yulius, and A. M. Agussalim, "Analisis Hasil Kuat Tekan Beton Normal terhadap Mix Design Kuat Tekan Beton Rencana," *J. Kridatama Sains dan Teknol.*, vol. 6, no. 02, pp. 415–429, 2024.
- [5] A. Suria, I. Neneng MB, and W. Alamsyah, "Pemanfaatan Limbah Pecahan Keramik sebagai Agregat Kasar Campuran dan Pengaruhnya terhadap Kuat Tekan Beton," *J. Ilm. Jurutera*, vol. 4, no. 1, pp. 16–24, 2017.
- [6] A. E. Baeha, T. S. H. Zebua, S. Laia, and H. Kurniawan, "Pemanfaatan Limbah Genteng dan Keramik sebagai Agregat Kasar Campuran Beton K-350," *J. Tek. dan Ilmu Komput.*, vol. 5, no. 19, pp. 247–255, 2016.
- [7] E. Komajaya, D. Agustine, H. Abdillah, and L. Arlianti, "Kuat Tekan Beton dengan menggunakan Limbah Pecahan Keramik sebagai Bahan Agregat Kasar Ditambahkan dengan Zat Aditif," *J. Ilm. Fak. Tek.*, vol. 1, no. 1, pp. 5–10, 2020.
- [8] Soemantoro, S. Z, and Rika, "Pemanfaatan Limbah Genteng sebagai Bahan Alternatif Agregat Kasar pada Beton," *J. Tek. Sipil Unitomo*, vol. 1, no. 1, pp. 49–56, 2017.
- [9] D. G. Wardani, A. Sugiarto, and Qomariah, "Pengaruh Penggunaan Limbah Genteng sebagai Pengganti Agregat Kasar pada Campuran Beton terhadap Kuat Tekan Beton," *J. Online Skripsi Manaj. Rekayasa Konstr.*, vol. 4, no. 1, pp. 211–215, 2023.
- [10] K. Tjokrodiluljo, *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Nafitri, 1996.
- [11] Badan Standardisasi Nasional, "SNI 03-2834-2000 tentang Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal," Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Pekerjaan Umum, 2000.
- [12] Badan Standardisasi Nasional, "SNI tentang Cara Uji Slump Beton," Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Pekerjaan Umum, 2008.
- [13] M. R. Rakananto S and Firdaus, "Pemanfaatan Abu Pecahan Limbah Genteng sebagai Substitusi Fly Ash pada Pembuatan Mortar Geopolimer," *Ensiklopedia J.*, vol. 6, no. 3, pp. 190–194, 2024.
- [14] N. M. Utami and D. A. Restuti, "Potensi Limbah Genteng sebagai Material Pozzolan untuk Beton Ringan Non Struktural dengan Pengembangan Aluminium," *NAROTAMA J. Tek. Sipil*, vol. 08, no. 1, pp. 28–34, 2024.