

KUAT TEKAN DAN KERUNTUHAN BALOK BETON BERTULANG DENGAN PECAHAN KERAMIK SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN AGREGAT KASAR DENGAN BAHAN TAMBAH *BV SPECIAL*

Henry Hartono¹, Basuki², Adi Prasetyo³

^{1,2} Staf Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta

³Alumnus Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta

Abstraksi

Saat ini perkembangan bidang konstruksi bangunan sudah semakin berkembang. Salah satu yang berkembang di bidang ini adalah teknologi betonnya. Bahan tambah digunakan untuk memodifikasi sifat dan karakteristik dari beton. Agregat dapat dibedakan menjadi dua jenis berdasarkan sumbernya, yaitu agregat alam dan agregat buatan (pecahan). Maka penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kuat tekan dan keruntuhan yang terjadi pada balok beton bertulang dengan pecahan keramik sebagai pengganti sebagian agregat kasar dan *bv special* sebagai bahan tambah dengan nilai *fas* 0,40 pada umur pengujian 28 hari. Pada penelitian ini menggunakan variasi pemakaian pecahan keramik : 0%, 10%, 20%, 30%, 40% dari total kebutuhan agregat kasar yang diperlukan dalam perancangan adukan beton dan pemakaian *bv special* 0,3% dari berat semen pada beton normal sesuai dosis. Tinjauan analisis penelitian adalah kuat tekan pada silinder beton dan keruntuhan pada balok beton bertulang. Benda uji berupa silinder beton diameter = 15 cm, h = 30 cm dan balok beton ukuran (10 x 15 x 100) cm³ dan tulangan diameter = 6 mm dan begel diameter = 4 mm. Metode perancangan campuran adukan beton menggunakan metode American Concrete Institute. Penambahan persentase variasi pecahan keramik menyebabkan penurunan kuat tekan beton sebaliknya pada kuat lentur beton variasi pecahan keramik membuat hasil pengujian meningkat. Penambahan *bv special* 0,3% menyebabkan adukan beton menjadi lebih lecah dan lebih mudah dikerjakan. Kuat tekan silinder beton pada variasi pengganti pecahan keramik 0% dan penambahan *bv special* 0,3% menghasilkan kuat tekan maksimum sebesar 30,086 MPa. Kuat lentur balok beton pada persentase variasi pengganti pecahan keramik 10% dan penambahan *bv special* 0,3% menghasilkan momen lentur maksimum adalah sebesar 2,728 kN-m. Adanya persentase pengganti pecahan keramik 10%-40% menghasilkan momen pengujian lebih meningkat dari momen teoritis. Hasil perbandingan selisih antara momen pengujian dengan momen teoritis berkisar antara 4,307% sampai 16,977%.

Kata kunci : *pecahan keramik, bv special, kuat tekan beton, kuat lentur beton.*

Pendahuluan

Pada jaman modern sekarang ini perkembangan dibidang konstruksi bangunan semakin berkembang. Salah satu yang berkembang dibidang ini yakni teknologi betonnya. Beton dengan kualitas baik sangat mendukung struktur bangunan teknik sipil, karena penggunaan beton dengan kualitas baik dapat menghasilkan bangunan yang lebih kokoh dan dari segi keamanan struktur lebih menjamin untuk keamanan. Ditinjau sudut estetika, beton membutuhkan sedikit pemeliharaan. Banyak hal yang kegunaan beton dalam bangunan, contohnya dalam struktur beton yang terdiri dari balok, kolom, pondasi dan pelat. Dalam Teknik sipil hidro beton juga dapat digunakan untuk saluran, drainase, bendung, atau bendungan. Bahkan dalam hal bangunan di jalan raya beton juga dapat digunakan untuk konstruksi jembatan, lapisan perkerasan jalan, gorong-gorong, atau yang lainnya. Pada kondisi beton kuat tariknya sangat rendah, beton dapat diperkuat dengan batang baja tulangan sehingga terbentuk suatu struktur komposit. Jadi, beton digunakan dalam semua aspek ilmu teknik sipil.

Bahan tambah digunakan untuk memodifikasi sifat dan karakteristik dari beton misalnya untuk mempermudah pekerjaan, penghematan, atau untuk tujuan lain seperti penghematan energi, karena dengan bahan tambah diharapkan bisa sebagai pengganti sebagian bahan utama dalam campuran beton. Agregat dapat dibedakan menjadi dua jenis berdasarkan sumbernya, yaitu agregat alam dan agregat buatan (pecahan). Secara umum bahan tambah untuk beton dibedakan menjadi dua yaitu bahan tambah yang bersifat kimiawi (*chemical admixture*) dan bahan tambah yang bersifat mineral (*additive*). Berdasarkan tersebut, maka penelitian ini dengan maksud untuk mengetahui kuat tekan dan keruntuhan yang terjadi pada balok beton bertulang dengan pecahan keramik sebagai pengganti sebagian agregat kasar dan *bv special* sebagai bahan tambah dengan nilai *fas* 0,40 pada umur pengujian 28 hari.

Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini dapat dijabarkan sebagai berikut : (1) Berapakah kuat tekan silinder beton maksimum dengan pecahan keramik sebagai pengganti sebagian agregat kasar dan *bv special* sebagai bahan tambah? (2) Berapakah beban runtuh maksimum pada balok beton bertulang dengan pecahan keramik sebagai pengganti sebagian agregat kasar dan *bv special* sebagai bahan tambah? (3) Jenis keruntuhan apakah yang terjadi pada balok beton bertulang dengan pecahan keramik sebagai pengganti sebagian agregat kasar dan *bv special* sebagai bahan tambah?.

Tujuan dan Manfaat Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sebagai berikut :

- a. Kuat tekan silinder beton maksimum dengan variasi persentase pecahan keramik dan *bv special* dengan nilai fas 0,40 pada umur pengujian 28 hari.
- b. Keruntuhan maksimum pada balok beton bertulang dengan variasi persentase pecahan keramik dan *bv special* dengan nilai fas 0,40 pada umur pengujian 28 hari.

Manfaat yang didapatkan dari penelitian ini antara lain :

- a. Untuk mengembangkan pengetahuan tentang teknologi beton terutama pemanfaatan pecahan keramik sebagai pengganti sebagian agregat kasar dan *bv special* sebagai bahan tambah, terhadap tinjauan analisis kuat tekan beton maksimum dan keruntuhan balok beton maksimum.
- b. Memberikan informasi pada para praktisi dan akademisi tentang pengaruh variasi persentase pecahan keramik 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, dan *bv special* sesuai dosis dari berat semen dengan nilai fas 0,40 pada umur pengujian 28 hari, terhadap kuat tekan yang optimum dan keruntuhan pada balok beton bertulang.

Batasan Masalah

Berhubung permasalahan mengenai beton sangat banyak, maka diberikan batasan masalah pada penelitian ini yang bertujuan untuk membatasi pembahasan agar tidak meluas dan batasannya menjadi jelas. Adapun batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Pelaksanaan penelitian dilakukan di Laboratorium Bahan Bangunan Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
2. Metode perancangan campuran adukan beton dengan menggunakan metode *American Concrete Institute*.
3. Ketentuan bahan yang digunakan penelitian, antara lain :
 - a. Semen yang digunakan yaitu semen *Portland* jenis I dengan merk Holcim.
 - b. Agregat halus (pasir) berasal dari Kaliworo, Klaten.
 - c. Agregat kasar (batu pecah) berasal dari Tirtomoyo, Wonogiri.
 - d. Air yang digunakan dari Laboratorium Bahan Bangunan, Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
 - e. Pecahan keramik yang digunakan berasal dari PT. Sadar, Surakarta.
 - f. Bahan tambah kimia beton yang digunakan merk *bv special*.
4. Variasi pemakaian pecahan keramik : 0%, 10%, 20%, 30%, 40% dari total kebutuhan agregat kasar yang diperlukan dalam perancangan adukan beton.
5. Pemakaian *bv special* 0,3% dari berat semen pada beton normal sesuai dosis dari perusahaan produsen bahan tersebut.
6. Benda uji beton normal dibuat 3 benda uji dan benda uji beton variasi pecahan keramik dan *bv special* dibuat 3 benda uji.
7. Benda uji berupa silinder beton diameter = 15 cm, h = 30 cm dan balok beton dengan ukuran = (10 x 15 x 100) cm³ dan tulangan diameter = 6 mm dan begel diameter = 4 mm.
8. Nilai faktor air semen yaitu 0,40 dan umur beton yang diuji adalah 28 hari.
9. Kuat tekan rencana beton adalah $f'_c = 22,5$ MPa.
10. Jumlah benda yang diuji silinder beton = 6 x 3 x 1 = 18 benda uji dan balok beton = 6 x 3 x 1 = 18 benda uji.
11. Tinjauan analisis penelitian beton adalah kuat tekan pada silinder beton dan keruntuhan pada balok beton bertulang.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental laboratorium yakni dengan melakukan berbagai macam pengujian sehubungan dengan data-data yang direncanakan. Penelitian dilakukan di Laboratorium Bahan Bangunan, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta. Obyek dari penelitian ini adalah beton kuat tekan silinder beton dan kuat lentur balok beton bertulang menggunakan pecahan keramik sebagai pengganti sebagian agregat kasar dan *bv special* sebagai bahan tambah dengan nilai fas 0,40 pada umur pengujian 28 hari.

Tahapan penelitian ini dilaksanakan dalam empat tahap, seperti yang digambarkan bagan alir tahapan penelitian pada Gambar di bawah ini.

1. Tahap I :

Sebelum dilakukan pembuatan campuran beton maka pada tahap ini dilakukan uji bahan dasar beton yang berupa agregat kasar dan halus. Pemeriksaan ini meliputi pengujian kandungan lumpur pasir, pengujian kandungan bahan organik pasir, pengujian *SSD* pasir, pemeriksaan *specific gravity* dan *absorpsi* pasir dan batu pecah, pengujian gradasi pasir dan batu pecah, pemeriksaan berat satuan volume batu pecah, pengujian keausan batu pecah.

2. Tahap II :

Tahap ini merupakan tahap perencanaan campuran beton, pembuatan benda uji dan perawatan beton. Perbandingan jumlah proporsi bahan campuran beton dihitung dengan menggunakan Metode *American Concrete Institute* (ACI).

3. Tahap III :

Dilakukan pengujian kuat tekan dan kuat lentur beton benda uji yang dilakukan setelah beton berumur 28 hari.

4. Tahap IV :

Dari hasil pengujian yang dilakukan pada tahap III dilakukan analisis data. Analisis data merupakan pembahasan hasil penelitian, kemudian dari langkah tersebut dapat diambil kesimpulan dan saran penelitian.

Hasil Penelitian

Setelah proses pengujian dan pengolahan data, maka didapatkan hasil penelitian sebagai berikut :

1. Hasil pengujian *slump*

Tabel 1. Hasil pengujian *slump*

Fas	Pecahan keramik (%)	<i>Bv special</i> (%)	Nilai <i>slump</i> (cm)
0,40	0	0	14
	0	0,3	14,5
	10	0,3	14,2
	20	0,3	13,7
	30	0,3	13,5
	40	0,3	13

Dari hasil pengujian *slump*, sudah sesuai rencana dan nilai *slump* antara 13-14,5 cm. Dengan penambahan *bv special* tingkat kelecakannya semakin baik dan variasi pengganti pecahan keramik membuat turun nilai *slump*nya. Hal ini disebabkan karena pecahan keramik daya serapnya lebih tinggi dari batu pecah.

2. Hasil pengujian berat jenis beton

Tabel 2. Hasil pengujian berat jenis beton dengan fas 0,40

Kode	Pecahan keramik (%)	<i>BV Special</i> (%)	Berat (gr)	Volume (cm ³)	Berat jenis (gr/cm ³)	Berat jenis rata-rata (gr/cm ³)
BN	0	0	12130	5301,438	2,288	2,291
			12250		2,311	
			12050		2,273	
BV1	0	0,3	12365	5301,438	2,332	2,304
			12175		2,297	
			12100		2,282	
BV2	10	0,3	12420	5301,438	2,343	2,296
			11860		2,237	
			12235		2,308	
BV3	20	0,3	11890	5301,438	2,243	2,262
			12035		2,270	
			12045		2,272	
BV4	30	0,3	11840	5301,438	2,233	2,251
			12140		2,290	

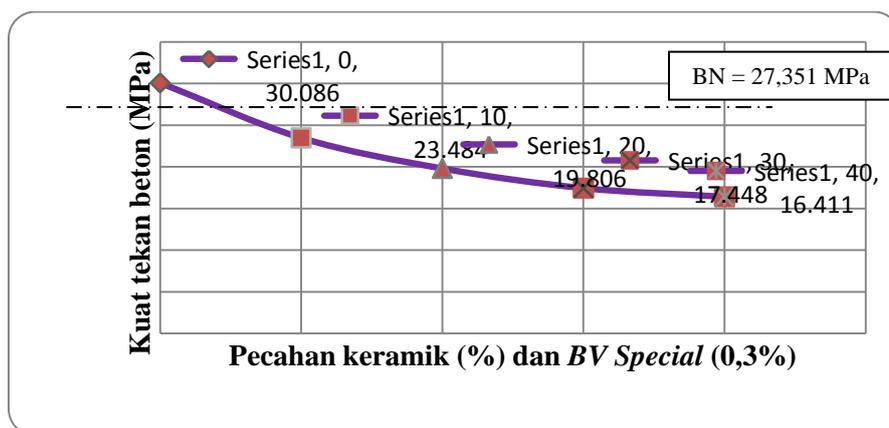
			11815		2,229	
BV5	40	0,3	11825	5301,438	2,231	2,248
			11670		2,201	
			12265		2,314	

Kesimpulan, bahwa berat jenis beton yang terbesar yaitu sebesar 2,304 gr/cm³ hal ini dikarenakan penambahan *BV Special* 0,3% menyebabkan adukan beton menjadi lebih lecek dan lebih mudah dikerjakan. Dengan persentase variasi pecahan keramik menyebabkan berat jenis beton semakin turun

3. Hasil pengujian kuat tekan beton

Tabel 3. Hasil pengujian kuat tekan beton dengan fas 0,40

Kode	Pecahan keramik (%)	<i>BV Special</i> (%)	Diameter benda uji (cm)	Luas permukaan benda uji (cm ²)	Beban maksimum (kg)	Kuat tekan maksimum (kg/cm ²)	Kuat tekan maksimum (MPa)	Kuat tekan maksimum rata-rata (MPa)
BN	0	0	15	176,715	57500	325,383	32,538	27,351
					39000	220,694	22,069	
					48500	274,453	27,445	
					61000	345,189	34,519	
BV1	0	0,3	15	176,715	55000	311,236	31,124	30,086
					43500	246,159	24,616	
					36000	203,718	20,372	
BV2	10	0,3	15	176,715	46500	263,136	26,314	23,484
					42000	237,671	23,767	
					35000	198,059	19,806	
BV3	20	0,3	15	176,715	34000	192,400	19,240	19,806
					36000	203,718	20,372	
					31000	175,424	17,542	
BV4	30	0,3	15	176,715	33500	189,571	18,957	17,448
					28000	158,447	15,845	
					27500	155,618	15,562	
BV5	40	0,3	15	176,715	26000	147,130	14,713	16,411
					33500	189,571	18,957	



Gambar 1. Hubungan antara kuat tekan beton dan persentase pecahan keramik dan 0,3% *BV Special* dengan fas 0,40

Berdasarkan tersebut diambil kesimpulan, hasil pengujian kuat tekan silinder beton pada variasi pengganti pecahan keramik 0% dan penambahan *bv special* 0,3% menghasilkan kuat tekan maksimum sebesar 30,086 MPa. Hasil kuat tekan pada beton normal yaitu sebesar 27,351 MPa. Penambahan persentase variasi pecahan keramik akan menyebabkan penurunan kuat tekan beton, dikarenakan pecahan keramik sulit tercampur pada campuran beton

dan permukaannya gilap, halus dan sulit mengikat antar agregat. Dari kesimpulan tersebut, pecahan keramik menyebabkan turunnya kuat tekan beton dan *bv special* meningkatkan kuat tekan beton.

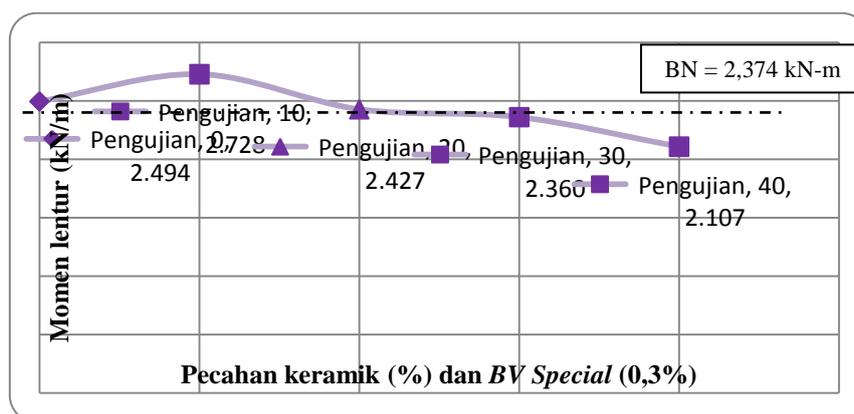
4. Hasil kuat lentur beton

Hasil kuat lentur beton berdasarkan antara hasil pengujian dengan hasil teoritis. Hasil tersebut dapat dilihat di bawah ini, sebagai berikut :

- a) Kuat lentur berdasarkan hasil pengujian

Tabel 4. Hasil pengujian kuat lentur balok beton

Kode	Pecahan keramik (%)	BV Special (%)	q _D balok (kN/m')	Beban maksimum (kN)	Momen lentur (kN-m)		Keterangan letak keruntuhan
					Benda uji	Rata-rata	
BN	0	0	0,344	12,5	2,527	2,374	Kuat lentur
			0,344	12	2,427		Kuat lentur
			0,344	10,7	2,167		Kuat lentur
BV1	0	0,3	0,346	13	2,628	2,494	Kuat lentur
			0,346	14	2,828		Kuat lentur
			0,346	10	2,028		Kuat lentur
BV2	10	0,3	0,344	12,5	2,528	2,728	Kuat lentur
			0,344	13	2,628		Kuat lentur
			0,344	15	3,028		Kuat lentur
BV3	20	0,3	0,339	12	2,427	2,427	Kuat lentur
			0,339	11,5	2,327		Kuat lentur
			0,339	12,5	2,527		Kuat lentur
BV4	30	0,3	0,338	11	2,227	2,360	Kuat lentur
			0,338	11,3	2,287		Kuat lentur
			0,338	12,7	2,567		Kuat lentur
BV5	40	0,3	0,337	10	2,027	2,107	Kuat lentur
			0,337	11,7	2,367		Kuat lentur
			0,337	9,5	1,927		Kuat lentur



Gambar 2. Hubungan antara momen lentur dan persentase pecahan keramik dan 0,3% BV Special

Berdasarkan tersebut dapat disimpulkan, bahwa hasil pengujian kuat lentur balok beton pada variasi pengganti pecahan keramik 10% dan penambahan *bv special* 0,3% menghasilkan momen lentur maksimum sebesar 2,728 kN-m. Momen lentur pada beton normal yaitu sebesar 2,374 kN-m. Dari semua pengujian benda uji yang dilakukan, ternyata posisi retak terjadi di bagian tengah pada benda uji atau terjadi kuat lentur.

- b) Kuat lentur berdasarkan hasil teoritis

Dari hasil perhitungan momen rencana balok (penampang balok dengan tulangan rangkap), diperoleh momen tiap benda uji. Data yang dibutuhkan untuk menghitung momen rencana yaitu: dimensi balok (b, h, d, d_s'), mutu bahan (f_c', f_y), dan tulangan terpasang (A_s, A_s'). Untuk data mutu bahan didapatkan dari hasil uji kuat tekan beton dan hasil uji kuat tarik baja.

Tabel 5. Hasil perhitungan M_r balok beton bertulang

Kode	Pecahan keramik (%)	<i>BV Special</i> (%)	f_c' (MPa)	f_y (MPa)	M_n (N-mm)	M_r (N-mm)	M_r (kN-m)
BN	0	0	27,351	273,649	3533950,894	2827160,715	2,827
BV1	0	0,3	30,086	273,649	3755481,743	3004385,394	3,004
BV2	10	0,3	23,484	273,649	3202699,500	2562159,600	2,562
BV3	20	0,3	19,806	273,649	2863980,366	2291184,293	2,291
BV4	30	0,3	17,448	273,649	2631962,582	2105570,066	2,106
BV5	40	0,3	16,411	273,649	2525605,107	2020484,085	2,020

c) Perbandingan hasil kuat lentur beton

Perbandingan momen berdasarkan hasil dari pengujian dan hasil dari teoritis. Hasil pengujian didapatkan dari pelaksanaan praktikum di Laboratorium Bahan Bangunan, Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta. Hasil teoritis didapatkan dari perhitungan momen rencana balok.

Tabel 6. Hasil perbandingan momen pengujian dan momen teoritis

Kode	Pecahan keramik (%)	<i>BV Special</i> (%)	Momen pengujian (kN-m)	Momen teoritis (kN-m)	Perbandingan	Keterangan
			m_1	m_2	$m_1 : m_2$	
BN	0	0	2,374	2,827	0,840 : 1	$m_1 < m_2$ (Tidak)
BV1	0	0,3	2,494	3,004	0,830 : 1	$m_1 < m_2$ (Tidak)
BV2	10	0,3	2,728	2,562	1 : 0,939	$m_1 > m_2$ (Ok)
BV3	20	0,3	2,427	2,291	1 : 0,944	$m_1 > m_2$ (Ok)
BV4	30	0,3	2,360	2,106	1 : 0,892	$m_1 > m_2$ (Ok)
BV5	40	0,3	2,107	2,020	1 : 0,959	$m_1 > m_2$ (Ok)

Tabel 7. Hasil perbandingan selisih momen antara pengujian dengan teoritis

Kode	Pecahan keramik (%)	<i>BV Special</i> (%)	Momen pengujian (kN-m)	Momen teoritis (kN-m)	Selisih momen (kN-m)	Perbandingan
			m_1	m_2	$ m_1 - m_2 = m_3$	
BN	0	0	2,374	2,827	0,453	$(m_3/m_1) \times 100\%$ 16,024%
BV1	0	0,3	2,494	3,004	0,510	16,977%
BV2	10	0,3	2,728	2,562	0,166	6,479%
BV3	20	0,3	2,427	2,291	0,136	5,936%
BV4	30	0,3	2,360	2,106	0,254	12,061%
BV5	40	0,3	2,107	2,020	0,087	4,307%

Berdasarkan tersebut dapat diambil kesimpulan, bahwa dengan adanya persentase pengganti pecahan keramik 10%-40% menghasilkan momen pengujian lebih meningkat dari momen teoritis. Hasil momen yang terjadi pada pengujian perbandingannya tidak jauh dari hasil teoritis. Hasil perbandingan selisih antara momen pengujian dengan momen teoritis berkisar antara 4,307% sampai 16,977% ($\leq 20\%$), sehingga dapat dinyatakan bahwa hasil penelitian tersebut valid. Dari hasil 6 sampel benda uji, 2 sampel diantaranya (BN dan BV1) hasilnya di bawah momen teoritis.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Kuat tekan maksimum terdapat silinder beton pada persentase pecahan keramik 0% dan penambahan *bv special* 0,3% yang nilainya sebesar 30,086 MPa.
2. Kuat lentur maksimum terdapat balok beton pada persentase pecahan keramik 10% dan penambahan *bv special* 0,3% yang nilainya sebesar 2,728 kN-m.
3. Keruntuhan balok beton yang terjadi pada pengujian keseluruhan benda uji terjadi keruntuhan lentur.
4. Adanya persentase pengganti pecahan keramik 10%-40% menghasilkan momen pengujian lebih meningkat dari momen teoritis.
5. Selisih antara momen pengujian dengan momen teoritis berkisar antara 4,307% sampai 16,977% ($\leq 20\%$), sehingga dapat dinyatakan bahwa hasil penelitian tersebut valid.
6. Dari hasil 6 sampel benda uji, 2 sampel di antaranya (beton normal dan beton variasi satu) hasilnya di bawah momen teoritis.

Saran

Beberapa hal yang dapat disarankan dari penelitian ini adalah :

1. Kualitas pemakaian bahan dasar beton harus yang baik.
2. Bahan material beton yang akan digunakan, diusahakan pada kondisi kering.
3. Peralata yang dipakai harus dipersiapkan dan diteliti terlebih dahulu sehingga dapat berfungsi dengan baik.

Daftar Pustaka

- Akbar. 2007. *Pengaruh Limbah Keramik Sebagai Pengganti Agregat Kasar Pada Beton Terhadap Peningkatan Mutu Beton 10 MPa*. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Pendidikan Indonesia.
- Asroni, A. 2010. *Balok dan Pelat Beton Bertulang*. Penerbit GRAHA ILMU, Edisi Pertama, Yogyakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1971. *Persyaratan Beton Indonesia*. Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik, Bandung.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1982. *Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia*. Departemen Pekerjaan Umum, Bandung.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1989. *Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A*. Yayasan LPMB, Bandung.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1990. *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. Departemen Pekerjaan Umum, Bandung.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1991. *Spesifikasi Bahan Tambahan untuk Beton*. Departemen Pekerjaan Umum, Bandung.
- Ghozali. 2010. *Pengaruh Penggunaan Pecahan Keramik Sebagai Bahan Pengganti Agregat Kasar Terhadap Pembuatan Bata Beton Pejal Non-Pasir (Ditinjau Dari Kuat Tekan, Serapan Air Dan Nilai Ekonomisnya)*. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang.
- Mulyono, T. 2004. *Teknologi Beton*. Penerbit ANDI, Yogyakarta.
- Permana, S. 2010. *Proses Pembuatan Keramik*. Jurusan Fisika, Fakultas Sains Dan Teknologi, Universitas Islam Negeri, Bandung.
- Reza. 2008. *Pengembangan Bahan Komposit Ferokalsemen Dengan Penambahan Agregat Kasar (Screening) Dan Penambahan Aditif Tricosal BV Spesial*. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana.
- Tjokrodinuljo, K. 1996. *Teknologi Beton*. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Cormac, J.C.M., 2006. *Desain Beton Bertulang*. Penerbit Erlangga, Jilid 1, Clemson University.
- Murdock, L.J., Brook, K.M., Hindarko, S. 1986. *Bahan dan Praktek Beton*. Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Neville, A.M. 1996. *Properties of Concrete*. Longman Ltd, London.