

GEOPOLYMER CONCRETE USING CERAMIC WASTE AS A SUBSTITUTE OF COARSE AGGREGATES

KUAT TEKAN BETON GEOPOLIMER MENGGUNAKAN LIMBAH PECAHAN KERAMIK SEBAGAI PENCAMPUR DAN PENGGANTI AGREGAT KASAR

Fransiskus Tandi Keny¹, Yulin Patrisia²

¹Mahasiswa Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan Universitas Palangka Raya

²Dosen Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan Universitas Palangka Raya

e-mail: fransiskuskenyandri@gmail.com, yulin.patrisia@ptb.upr.ac.id

ABSTRACT

This research study the influence of ceramic waste utilization as a substitute of coarse aggregate to compressive strength of geopolymer concrete. In this research, the waste of ceramic is broken down into pieces of maximum 20 mm in size and used as a substitute for coarse aggregate. The mixture consists of coarse aggregate, fine aggregate, fly ash (450 kg/m^3), NaOH and Na_2SiO_3 (alkaline activator with ratio of Na_2SiO_3 to NaOH is 2: 1) and the ratio of alkaline activator to fly ash is 0.5. Percentage of ceramics aggregate to natural coarse aggregate applied in this study are 0%, 25%, 50%, 75%, and 100%. The geopolymer concrete's mix design uses the Modified Guidelines for Geopolymer Concrete Mix Design Using Approach of Indian Standard. Testing of concrete compressive strength with $20 \times 10 \text{ cm}$ size test specimen at the age of 14 and 28 days. The result shows that the highest compressive strength at 14 days is 18.28 MPa with 25% percentage of ceramics, while the highest compressive strength at the age of 28 days is 20.01 Mpa with 25% percentage of ceramics. The effect of ceramic use on geopolymer concrete mixture for ages 14 and 28 days shows that up to 50% ceramic usage increase concrete compressive strength compared with normal (0% ceramic) concrete, while ceramic usage above 50% to 100% reduce compressive strength of geopolymer concrete compared to normal concrete.

Keywords: geopolymer concrete, ceramic, compressive strength

PENDAHULUAN

Beton merupakan salah satu jenis konstruksi yang paling banyak digunakan dalam dunia konstruksi. Semen *portland* merupakan bahan yang paling penting digunakan dalam pembuatan beton konvensional. Pembangunan infrastruktur yang semakin hari semakin meningkat mengakibatkan permintaan jumlah semen yang meningkat pula. Namun, beton konvensional sering mendapatkan kritikan dari para kritikus lingkungan. Beton konvensional dianggap tidak ramah lingkungan karena pada saat proses memproduksi semen terjadi pula emisi CO_2 ke udara yang besarnya sebanding dengan jumlah semen yang diproduksi. Dengan kata lain, memproduksi 1 ton semen sama dengan memproduksi 1 ton CO_2 ke dalam udara [1]. Hal inilah yang merupakan salah satu faktor pendorong untuk ditemukannya bahan alternatif yang ramah lingkungan dan yang tidak menimbulkan emisi gas CO_2 ke udara [2].

Kemudian, usaha untuk mendapatkan beton ramah lingkungan ialah melalui pengembangan beton dengan menggunakan bahan pengikat anorganik seperti alumina-silikat *polymer* atau yang dikenal dengan *geopolimer* yang merupakan sintesa dari material geologi yang terdapat pada alam atau material hasil produk sampingan industri seperti abu terbang (*fly ash*) yang kaya akan kandungan silika dan aluminium [3]. Untuk melarutkan unsur-unsur silikon dan aluminium, serta memungkinkan terjadinya reaksi kimiawi, digunakan larutan yang bersifat alkalis [2]. Material tersebut kemudian digabungkan dengan agregat dan menjadi sebuah beton geopolimer.

Peningkatan kebutuhan perumahan sekarang ini menyebabkan peningkatan kebutuhan akan bahan bangunan. Bahan yang digunakan untuk bangunan terdiri dari bahan-bahan atap, dinding dan lantai. Bahan bangunan yang tersedia dengan jumlah besar dan dari segi ekonomis dapat terjangkau oleh masyarakat. Peningkatan kebutuhan akan bahan bangunan dapat dilakukan dengan pemberdayaan sumber daya lokal

berupa pemanfaatan barang-barang yang sudah rusak/tidak bisa dipakai seperti limbah pecahan keramik. Salah satu bahan yang dapat dimanfaatkan adalah limbah pecahan keramik. Keramik merupakan bahan bangunan yang dapat digunakan untuk melapisi lantai atau dinding yang biasanya berbentuk plat persegi dan tipis yang dibuat dari tanah liat atau campuran tanah liat dari bahan mentah keramik lainnya dengan cara dibakar sampai suhu tertentu, sehingga mempunyai sifat-sifat fisik khusus [9].

Pada penelitian terdahulu yang menggunakan pecahan keramik ubin lantai dengan ukuran pecahan keramik $\pm 10-14$ mm dengan cara analisa saringan dan presentase pengganti kerikil sebesar 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% terhadap berat agregat kasar. Benda uji yang digunakan dalam penelitian berbentuk silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, pengujian yang dilaksanakan pada umur 14 dan 28 hari, untuk mengetahui pengaruh limbah pecahan keramik terhadap kuat tekan dan kuat tarik belah beton dan presentase pecahan keramik yang paling optimal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan limbah pecahan keramik pengganti kerikil dengan presentase dan nilai *slump* yang telah direncanakan pada campuran beton memberikan pengaruh terhadap kuat tekan dan kuat tarik belah beton, peningkatan kuat tekan beton sebesar 37,64% pada umur 14 hari dan 3,74% pada umur 28 hari, sedangkan pada kuat tarik belah beton berbanding terbalik yaitu penurunan untuk kuat tarik belah beton sebesar 2,38% pada umur 14 hari dan peningkatan besar 16,16% pada umur 28 hari dibandingkan dengan beton normal. Walaupun pada hasil pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah beton dengan limbah Pecahan keramik sebagai pengganti kerikil, maka limbah pecahan keramik dapat digunakan sebagai campuran beton normal [8].

Penelitian ini memanfaatkan limbah pecahan keramik sebagai pencampur dan pengganti agregat kasar, dikarenakan kebanyakan masyarakat kurang maksimal memanfaatkan limbah pecahan keramik. Agar limbah pecahan keramik tidak menjadi timbunan sampah, kita dapat memanfaatkannya sebagai bahan agregat kasar pada pembuatan beton.

Dengan keinginan mempelajari lebih lanjut tentang beton geopolimer maka dalam penelitian ini akan diuji kuat tekan beton geopolimer dengan menggunakan limbah pecahan keramik sebagai pencampur dan pengganti agregat kasar. Peneliti ingin mengetahui apakah ada pengaruh dari penggunaan pecahan limbah keramik sebagai pencampur dan pengganti agregat kasar terhadap nilai kuat tekan beton geopolimer.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah studi eksperimental, yakni dengan melakukan percobaan langsung di Laboratorium Beton Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan, Jurusan Pendidikan Teknologi dan Kejuruan, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Palangka Raya.

Bahan dan Peralatan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- Abu terbang (*fly ash*) kelas F yang merupakan hasil pembakaran batu bara dari PLTU Asam-Asam, Kabupaten Tanah Laut, Kalimantan Selatan.
- Pecahan keramik yang digunakan adalah pecahan keramik bongkaran/sisa bangunan dengan ukuran maksimum 20 mm.
- Agregat kasar yang digunakan berupa batu pecah ukuran maksimum 20 mm berasal dari kota Palangka Raya.
- Agregat halus yang digunakan berupa pasir halus yang berasal dari Tangkiling.
- Larutan pengikat (*alkaline activator*) berupa Natrium Hidroksida (NaOH) dengan molaritas 10 Mol, dan Natrium Silikat (Na_2SiO_3), dengan perbandingan massa reaktan $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$ sebesar 2:1.
- Penelitian ini tidak menggunakan bahan campuran *retarder admixture* (larutan penghambat waktu pengikatan beton) dan *superplasticizer* (bahan tambahan mengubah sifat beton).
- Pengukuran waktu pengikatan awal (*setting time*) beton tidak dilakukan.
- Air yang digunakan berupa air suling/aquades (H_2O) dengan kemurnian 100%.
- Jumlah *fly ash* per m^3 mix design = 450 kg/m^3
- Mengacu pada mix design penelitian [4], ditetapkan perbandingan larutan *alkaline activator/fly ash* = 0,5.

Peralatan yang digunakan dalam pemeriksaan bahan penyusun beton, yaitu timbangan digital dengan ketelitian 0,1% dari berat benda uji dengan kapasitas 5 kg dan timbangan neraca duduk dengan kapasitas 12 kg, oven dengan pengatur suhu sampai panas (110 ± 15) $^\circ\text{C}$, saringan/ayakan standar ASTM dari diameter saringan

30 mm, 20 mm, 10 mm; 4,75 mm, penggetar saringan (*shieve shacker*), piknometer dengan kapasitas 500 gram, digunakan untuk mencari berat jenis, gelas ukur untuk mengetahui kadar lumpur dari agregat, talam logam. Peralatan yang digunakan dalam pembuatan benda uji adalah mesin pengaduk campuran beton (*mixer*), cetakan benda uji berbentuk silinder dengan $\varnothing 10$ cm dan tinggi 20 cm, satu set kerucut *Abrams* untuk pengujian slump, alat lain yaitu cat dan kuas, wadah pencuci benda uji, sekop dan ember, tongkat pemadat, mistar perata. Peralatan yang digunakan dalam perawatan dan pengujian benda uji, yaitu tempat khusus perawatan beton geopolimer karena beton geopolimer dibiarkan di dalam suhu ruangan dengan dibungkus plastik dan mesin uji kuat tekan.

Desain Campuran dan Benda Uji

Standar campuran beton geopolimer belum ada sampai saat ini, sehingga dibutuhkan metode pendekatan, salah satunya dapat digunakan pendekatan berdasarkan perencanaan *Modified Guidelines for Geopolymer Concrete Mix Design Using Indian Standard* [6].

Dalam penelitian ini benda uji dibuat berbentuk silinder dengan ukuran cetakan tinggi 20 cm dan diameter 10 cm, dengan menggunakan agregat pecahan keramik ukuran maksimum 20 mm. Jumlah benda uji berbentuk silinder untuk kuat tekan umur 14 dan 28 hari masing-masing sebanyak 5 buah benda uji untuk setiap persentase mulai dari 0%, 25%, 50%, 75%, 100% campuran keramik, jadi total benda uji sebanyak 50 buah.

Perawatan dan Pengujian Benda Uji

Perawatan benda uji beton geopolimer menggunakan metode *ambient curing*, beton geopolimer dituangkan dalam cetakan dan didiamkan selama 24 jam pada suhu ruangan. Setelah itu, beton geopolimer dikeluarkan dari cetakan dan kemudian dimasukkan ke dalam plastik kedap udara (*clipped plastic bag*) sampai tiba waktu pengujian. Pengujian kuat tekan silinder beton mengacu pada SNI 03-1974-1990 [4] yang dilakukan pada saat umur beton 14 dan 28 hari.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Bahan

Berat jenis *fly ash* yang diperoleh dari hasil penelitian yaitu sebesar 2,64. *Fly Ash* tersebut bisa digunakan untuk campuran beton geopolimer karena menurut penelitian Clarke dalam [7], berat jenis *fly ash* berkisar antara $1,90 \text{ gr/cm}^3$ sampai dengan $2,72 \text{ gr/cm}^3$.

Hasil pemeriksaan gradasi agregat kasar kricak modulus kehalusan agregat kasar dengan ukuran maksimum 20 mm, yaitu 9,20. Menurut syarat mutu SII 0052-80 dan SK SNI S-04-1989-F, agregat kasar kricak dengan gradasi yang baik mempunyai modulus kehalusan antara 6–7,1. Berdasarkan persyaratan, maka agregat kasar ini akan menghasilkan campuran beton yang kurang padat karena melebihi modulus kehalusan.

Hasil pemeriksaan gradasi agregat kasar keramik didapatkan modulus kehalusan agregat kasar keramik dengan ukuran maksimum 20 mm, yaitu 9,2. Menurut syarat mutu SII 0052-80 dan SK SNI-S-04-1989-F, agregat kasar dengan gradasi yang baik mempunyai modulus kehalusan antara 6–7,1. Berdasarkan persyaratan, maka agregat kasar ini akan menghasilkan campuran beton yang kurang padat karena melebihi modulus kehalusan.

Hasil pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air pada agregat kasar dalam penelitian antara lain nilai berat jenis curah (*bulk*) sebesar 2,63, berat jenis agregat kasar dalam keadaan kering permukaan jenuh (*saturated surface dry/SSD*) sebesar 2,65, berat jenis semu (*apparent*) sebesar 2,70 dan penyerapan air sebanyak 1,19%.

Hasil pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air pada agregat kasar keramik dalam penelitian adalah nilai Pemeriksaan berat jenis curah (*bulk*) sebesar 2,24, berat jenis agregat kasar keramik dalam keadaan kering permukaan jenuh (*SSD*) sebesar 2,29, berat jenis semu (*apparent*) sebesar 2,36 dan penyerapan air sebanyak 2,19%.

Hasil pemeriksaan agregat halus diketahui modulus kehalusan (*Fm*), yaitu 3,248 (termasuk kasar dan batas modulus kehalusan agregat halus yang diijinkan (2,3-3,1)) sesuai dengan peraturan SNI 03-1968-1990 [3]. Agregat halus ini masih bisa digunakan karena masih termasuk di dalam zona 2 yang didapat dari grafik SNI 03-1968-1990, namun menghasilkan campuran beton yang kurang padat karena melebihi modulus kehalusan.

Hasil pemeriksaan kadar zat organik agregat halus ditetapkan kandungan organik agregat halus berwarna kuning muda dan masuk ke *organic plate* nomor 2 dengan penurunan kekuatan beton sebesar 0-5%.

Dari hasil pemeriksaan kadar lumpur agregat halus didapatkan tinggi lumpur sebesar 4%, menurut SNI 13-6669-2002 [5] kadar lumpur maksimum pasir ialah 5%, dengan demikian agregat halus dapat digunakan sebagai bahan campuran beton geopolimer.

Hasil pemeriksaan berat jenis didapatkan nilai berat jenis curah (*bulk*) sebesar 2,18, berat jenis agregat halus dalam keadaan kering permukaan jenuh (*saturated surface dry/SSD*) sebesar 2,19, berat jenis semu (*apparent*) sebesar 2,19 dan penyerapan air sebesar 0,10%.

Tabel 1. Proporsi *Mix Design* Benda Uji Beton Geopolimer

No.	Jenis Material	Agregat Keramik 0%	Agregat Keramik 25%	Agregat Keramik 50%	Agregat Keramik 75%	Agregat Keramik 100%
1.	Fly Ash	450	450	450	450	450
2.	Larutan NaOH	75	75	75	75	75
3.	Na ₂ SiO ₃	150	150	150	150	150
4.	Agregat Halus	510,264	510,264	510,264	510,264	510,264
5.	Agregat Kasar	1146,665	859,999	573,333	286,666	0
	Agregat Keramik	0	247,723	495,446	743,168	990,891
6.	Air Tambahan					
	Min	9	9	9	9	9
	Maks	27	27	27	27	27

Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton menggunakan mesin uji tekan (*compression testing machine*) dengan benda uji yang berbentuk silinder, berukuran tinggi 20 cm dan diameter 10 cm. Pengujian dilaksanakan setelah beton mencapai umur 14 dan 28 hari. Hasil pengujian rata-rata setiap benda uji dan hubungan persentase keramik dengan kuat tekan rata-rata pada umur 14 dan 28 hari dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3 serta Gambar 1 dan Gambar 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Geopolimer Pada Umur 14 Hari

Persentase Keramik	Tekanan (MPa)					Rata-Rata (MPa)
	1	2	3	4	5	
0%	15,32	14,26	14,76	15,27	13,45	14,61
25%	19,09	19,86	19,35	16,81	16,30	18,28
50%	17,09	17,84	16,04	17,27	18,37	17,92
75%	15,31	14,24	15,78	15,82	14,46	15,12
100%	14,51	15,02	14,01	15,28	12,48	14,26

Sumber: Hasil Pengujian 2016

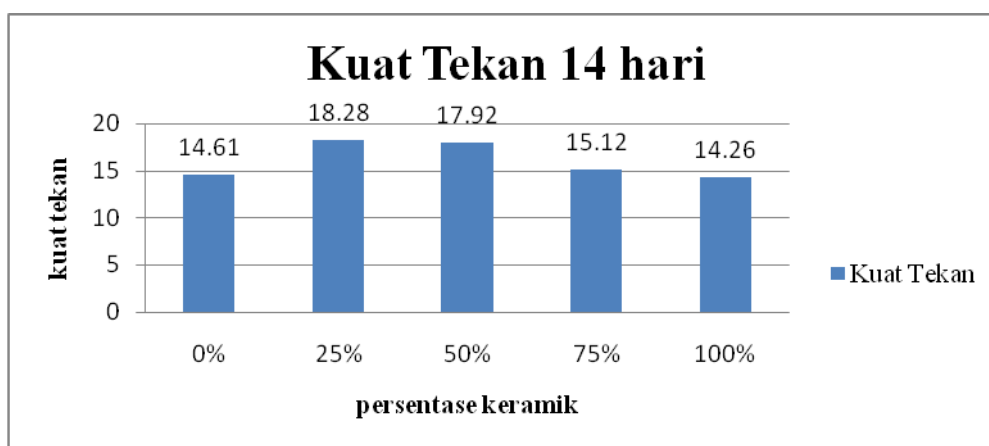
Tabel 3. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Geopolimer Pada Umur 28 Hari

Persentase Keramik	Tekanan (MPa)					Rata-Rata (MPa)
	1	2	3	4	5	
0%	17,91	17,02	17,57	17,27	17,80	17,47
25%	19,55	19,86	20,17	22,15	18,33	20,01
50%	20,91	18,02	19,09	17,82	20,89	19,34
75%	15,02	13,73	15,00	15,82	15,53	15,02
100%	13,55	12,47	13,44	11,45	12,73	12,72

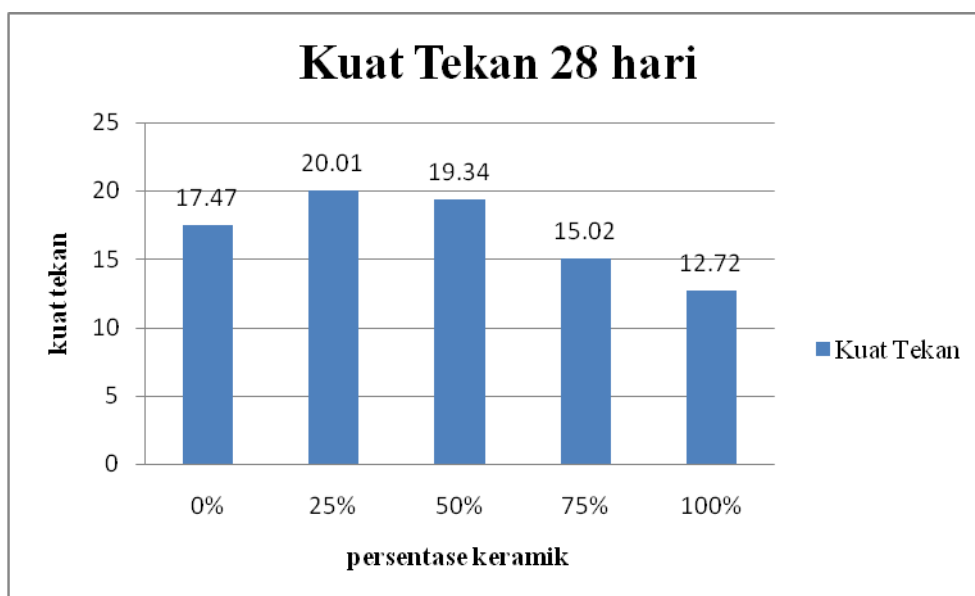
Sumber: Hasil Pengujian 2016

Pengujian pada benda uji beton geopolimer menggunakan persentase agregat keramik pada umur 14 hari (Tabel 2) memperlihatkan hasil nilai kuat tekan beton paling maksimum dipersentase 25% campuran agregat keramik sebesar 18,28 MPa dan mengalami penurunan kuat tekan beton menjadi sebesar 17,92 MPa pada campuran beton geopolimer dengan persentase 50% keramik, 15,12 MPa pada persentase 75% keramik, serta 14,26 MPa pada persentase 100% keramik. Untuk nilai kuat tekan dipersentase campuran 50% keramik sebesar 17,92 MPa masih termasuk jenis beton struktural, namun dipersentase campuran 75% dan 100% tidak termasuk jenis beton struktural karena batas nilai kuat tekan untuk beton struktural menurut SNI 03-2847-2002, "Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung" adalah sebesar 17,5 MPa.

Dari hasil percobaan tersebut disimpulkan bahwa pemakaian agregat keramik sampai dengan persentase 50% menunjukkan peningkatan kuat tekan beton dibandingkan dengan beton normal, sedangkan pemakaian agregat keramik di atas 50% sampai 100% menunjukkan penurunan nilai kuat tekan beton dibandingkan beton normal.



Gambar 1. Hubungan Kuat Tekan Rata-Rata dengan Persentase Keramik (Umur Beton 14 Hari)



Gambar 2. Hubungan Kuat Tekan Rata-Rata dengan Persentase Keramik (Umur Beton 28 Hari)

Pengujian beton geopolimer menggunakan persentase agregat keramik pada umur 28 hari (Tabel 3) memperlihatkan hasil nilai kuat tekan beton paling maksimum dipersentase 25% campuran agregat keramik sebesar 20,01 MPa, dan mengalami penurunan kuat tekan beton menjadi sebesar 19,34 MPa pada campuran beton geopolimer dengan persentase 50% keramik, 15,02 MPa pada persentase 75% keramik, serta 12,72 MPa pada persentase 100% keramik. Untuk nilai kuat tekan dipersentase campuran 50% keramik sebesar 19,34 MPa masih termasuk jenis beton struktural, namun dipersentase campuran 75% dan 100% tidak termasuk jenis beton struktural karena batas nilai kuat tekan untuk beton struktural menurut SNI 03-2847-2002, "*Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*" adalah sebesar 17,5 MPa. Dari hasil percobaan tersebut disimpulkan bahwa pemakaian agregat keramik sampai dengan persentase 50% menunjukkan peningkatan kuat tekan beton dibandingkan dengan beton normal, sedangkan pemakaian agregat keramik di atas 50% sampai 100% menunjukkan penurunan nilai kuat tekan beton dibandingkan beton normal.

Hasil penelitian menunjukkan nilai kuat tekan paling maksimum berada pada campuran beton geopolimer dengan persentase 25% keramik, dan penggunaan persentase 50% agregat keramik juga memperlihatkan hasil yang meningkat dibanding beton normal. Penambahan persentase keramik di atas 25%, menyebabkan penurunan nilai kuat tekan beton geopolimer, karena semakin besar penambahan persentase keramik yang digunakan akan menyebabkan penurunan nilai kuat tekan beton, disebabkan pecahan keramik sulit tercampur pada campuran beton, karena permukaannya licin, halus sehingga sulit mengikat antar agregat dan mempunyai daya resap air yang tinggi. Semakin besar persentase keramik yang digunakan (> 25%) maka semakin kecil kuat tekan beton geopolimernya. Pernyataan tersebut diperkuat oleh penelitian yang menyatakan bahwa, beton dengan agregat kasar limbah keramik memiliki berat volume yang lebih kecil dan serapan air yang lebih besar dibanding beton normal, dimana hasil penelitian memperlihatkan beton dengan persentase limbah keramik 30% menghasilkan nilai kuat tekan terbaik yaitu sebesar 30,82 MPa [8].

KESIMPULAN

1. Pengaruh pemakaian agregat kasar keramik berukuran maksimum 20 mm pada campuran beton geopolimer untuk umur 14 dan 28 hari memperlihatkan bahwa pemakaian sampai dengan persentase 50% keramik menunjukkan peningkatan kuat tekan beton dibandingkan dengan beton normal, sedangkan pemakaian agregat keramik di atas 50% sampai 100% menunjukkan penurunan nilai kuat tekan beton dibandingkan beton normal.
2. Dari hasil pengujian penggunaan limbah pecahan keramik sebagai pengganti agregat kasar krikak didapatkan nilai kuat tekan paling maksimum pada umur beton 14 hari yaitu sebesar 18,28 MPa pada persentase 25% keramik, pada persentase 50% keramik juga memperlihatkan kuat tekan beton geopolimer yang tinggi yaitu sebesar 17,92 MPa, lebih besar dibanding beton normal 14,61 MPa. Hasil pengujian kuat tekan beton pada umur 28 hari, didapatkan nilai kuat tekan tertinggi persentase 25% keramik, yaitu sebesar 20,01 MPa, pada persentase 50% keramik juga memperlihatkan kuat tekan beton geopolimer yang tinggi sebesar 19,34 MPa lebih besar dibanding beton normal 17,47 MPa.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Davidovits, J.,(1994). "*Properties of Geopolymer*". France: Geopolymer Institute.
- [2] Djedjen, A., et all. (2012). *Efek Perawatan Terhadap Karakteristik Beton Geopolimer*, Poli-Teknologi Volume 11. Jakarta: Politeknik Negeri Jakarta.
- [3] Anonim (2002), *SNI 03-1968-1990 Tentang Metode Pengujian tentang Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar*, Badan Standarisasi Nasional.
- [4] Anonim (1990), *SNI 03-1974-1990 Tentang Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*, Badan Standarisasi Nasional.
- [5] Anonim (2002), *SNI 13-6669-2002 Tentang Penentuan Kadar Lempung Bahan Pasir*, Badan Standarisasi Nasional.
- [6] Anuradha, R., Sreevidya, V., Venkatasubramani, R., Rangan, B. V., (2011). *Modified Guidelines For Geopolymer Concrete Mix Design Using Indian Standard*. VLB Janakiammal college of Engineering and Teknologi Kovaipudur, India.

- [7] Inderawan, N. A., & Patrisia, Y. (2017). Compressive Strength and Splitting-Tensile Strength of Geopolymer Concrete Using Variation in Maximum Size of Coarse Aggregate. *Jurnal Mahasiswa Pendidikan Teknologi dan Kejuruan "Parentas"* (ISSN 2443-227X), 3(1).
- [8] Wicaksono, K.W, et. all. (2012) Pemanfaatn Limbah Keramik sebagai Agregat KAsar dalam Adukan Beton. *KoNTekS 6*. Universitas Trisakti, Jakarta 1-2 November 2012.
- [9] Heinz dan Ch. Koesmartadi. .1999. Ilmu Bahan Bangunan. Yogyakarta: Penerbit Kanisius
- [10] Patrisia, Y., & Coenraad, R. (2014). MATHEMATIC MODELLING OF CONCRETE PUMP PRODUCTIVITY ON THE CONCRETE WORK OF CONSTRUCTION PROJECT IN PALANGKA RAYA. *BALANGA: Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan*, 2(2), 12-22.
- [11] Patrisia, Y., & Coenraad, R. (2016). MODELING MATERIALS PRICE FOR BUILDING MATERIAL IN PALANGKA RAYA. *BALANGA: Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan*, 4(2), 11-20.
- [12] Patrisia, Y., & Coenraad, R. (2017). PLS MODEL FOR THE PRICE APPROACH OF CONCRETE SAND MATERIAL. *BALANGA: Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan*, 5(1), 36-40.