

# KAJIAN KUAT TEKAN PAPERCRETE MUTU TINGGI DENGAN BAHAN TAMBAH LIMBAH KERAMIK

Hendramawat Aski Safarizki <sup>1)</sup>, Iwan Ristanto <sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Veteran Bangun Nusantara, Sukoharjo, Jl. Letjen Sudjono Humardhani, No.1, Jombor, Sukoharjo; Telp. 0271-593156. Email: hendra.mawat@gmail.com

<sup>2)</sup> Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Veteran Bangun Nusantara, Sukoharjo, Jl. Letjen Sudjono Humardhani, No.1, Jombor, Sukoharjo; Telp. 0271-593156. Email: iwan.ristanto@yahoo.com

## Abstrak

Papercrete merupakan alternatif beton ringan dengan memanfaatkan limbah kertas yang ada di sekitar kita. Kelemahan dari papercrete adalah mutu kuat tekan yang rendah dikarenakan bahan penyusunnya yang berupa kertas. Target dari penelitian ini adalah merumuskan rancang campuran (*mix design*) dari papercrete mutu tinggi yang tahan terhadap beban dengan bahan tambah limbah keramik yang ramah lingkungan. Dengan memanfaatkan limbah keramik maka dapat mengurangi pencemaran pada lingkungan sekaligus meningkatkan kuat tekan papercrete. Metode yang dipakai dalam penelitian ini adalah uji rancang campuran pada laboratorium sehingga didapatkan komposisi campuran mutu tinggi antara papercrete dengan limbah keramik. Tahapan penelitian dimulai dengan pembuatan papercrete dengan tanpa bahan tambah limbah keramik. Kadar campuran kertas yang digunakan adalah 0%, 20%, 20% dan 30% dari volume pasir yang digunakan. Pada penelitian dibuat juga papercrete dengan bahan tambah limbah keramik. Kadar keramik pada campuran papercrete yang digunakan adalah 0%, 20%, 20% dan 30% dari jumlah pasir yang digunakan. Kesimpulan yang dapat diperoleh dari hasil pengujian adalah bahan tambah limbah keramik dapat meningkatkan kuat tekan papercrete. Nilai kuat tekan optimum papercrete tanpa bahan tambah limbah keramik dan papercrete dengan bahan tambah limbah keramik berada pada angka 26,0 MPa - 26,3 MPa.

**Kata kunci:** beton ringan, keramik, mix design, papercrete

## Abstract

*Papercrete is a lightweight concrete alternative by utilizing paper waste around us. The disadvantage of papercrete is the low quality of compressive strength because the constituent material is paper. The aim of this study is to formulate a mix design of high quality papercrete with ceramic waste that environmentally friendly. By utilizing ceramic waste, it can reduce pollution in the environment while increasing the compressive strength of papercrete. The method used in this study is a mixed design test in the laboratory so that a high quality mixture composition between papercrete and ceramic waste is obtained. The research phase begins with making papercrete without ceramic waste. The paper content used is 0%, 20%, 20% and 30% of the volume of sand in the concrete mixture. In this study papercrete was also made by adding ceramic waste material. Ceramic content in the papercrete mixture is 0%, 20%, 20% and 30% of the amount of sand used in the mixture. The conclusion that can be obtained from the test results is ceramic waste can increase the compressive strength of papercrete. The optimum compressive strength of papercrete without the added material of ceramic waste and papercrete with the added material of ceramic waste at a value of 26.0 MPa - 26.3 MPa.*

**Keywords:** ceramic, lightweight concrete, mix design, papercrete

## 1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi beton saat ini sudah sangat pesat. Pemilihan beton ringan mutu tinggi sebagai pengganti beton konvensional sudah mulai dikembangkan peneliti. Papercrete merupakan salah satu dari alternatif beton ringan yang dapat digunakan sebagai elemen struktur pada bangunan. Papercrete merupakan hasil penggabungan antara beton dengan kertas sehingga didapatkan material beton yang kuat namun ringan dari segi berat sendiri komponen penyusunnya. Komponen penyusun papercrete adalah semen, pasir dan kertas. Penelitian tentang papercrete mulai banyak dilakukan oleh para ahli di bidang rekayasa beton.

Sampah kertas di Indonesia dengan asumsi laju produksi sampah 2 liter/orang/hari dan komposisi 6,17% maka jumlah timbulan sampah kertas dapat

mencapai 1.599.00 ton/tahun. Hanya sekitar 10 % dari sampah tersebut yang didaur ulang kembali. Pemanfaatan limbah kertas yang jumlah dan potensinya cukup besar belum optimal dilakukan (Wahyono, 2001). Kertas bekas dapat dimanfaatkan sebagai bahan dari papercrete sehingga ikut mengurangi sampah kertas di muka bumi.

Papercrete dapat dengan mudah dibentuk salah satunya adalah digunakan sebagai bata. Bata dari papercrete ringan dan mudah dalam finishing arsitektur. Bata dari bahan papercrete dapat digunakan sebagai struktur dinding non struktural (Myriam, 2017). Dengan bentuknya yang mudah disesuaikan maka papercrete dapat mengikuti kebutuhan dari stuktur yang diinginkan. Bata papercrete adalah material kedap suara yang baik sehingga dapat digunakan sebagai elemen gedung

auditorium. Penggunaan papercrete sebagai elemen bata pada struktur gedung dapat mengurangi limbah kertas dan biaya pembangunan suatu gedung sampai 20% (Subramani, 2015). Penggunaan papercrete pada konstruksi terutama pada komponen non struktural. Kepadatan papercrete sangat rendah dan ringan sehingga dapat digunakan sebagai material bangunan terutama untuk elemen lengkung ataupun kubah (Shermale, 2016)

Perlu dilakukan penyusunan mix design yang tepat dalam pembuatan papercrete agar selain mendapatkan beton yang ringan juga didapatkan kekuatan yang diinginkan dari pembuatan papercrete. Banyak hal yang perlu dipertimbangkan dalam penyusunan mix design yang baik agar didapatkan papercrete sesuai harapan. Sesuai dengan bahan penyusunnya yaitu kertas maka berat papercrete lebih ringan dibandingkan beton normal. Berat jenis papercrete akan berkurang ketika jumlah bahan kertas pada mix design ditingkatkan akan tetapi penambahan jumlah kertas juga akan mengurangi kuat tarik belah dari papercrete (Karri, 2016).

Pengujian kuat tekan beton adalah metode standar untuk mengetahui mutu dari mix design beton yang kita buat. Tidak seperti beton normal benda uji papercrete tidak akan mengalami kerusakan saat pengujian kuat tekan dan hanya akan tertekan seperti karet yang diberi beban (Shivangni et al, 2015). Penggunaan bahan tambah pada beton perlu dilakukan dengan takaran yang tepat. Bahan tambah pada papercrete dapat meningkatkan kuat tekan dari papercrete. Penambahan serat nylon pada papercrete dapat meningkatkan kuat tekan dari papercrete (Pratama, 2016).

Pemanfaatan limbah baik sebagai bahan tambah maupun bahan pengganti dalam pembuatan beton dapat dilakukan sepanjang memberikan dampak positif terhadap mutu beton. Flowability dan workability pada beton *Self Compacting Concrete (SCC)* dapat terhambat pada penambahan dengan fiber pada campuran (Safarizki, 2017). Beton dengan flowability dan workability rendah tentu akan lebih sulit diaplikasikan dilapangan karena akan sulit untuk memenuhi rongga cetakan. Serbuk marmer sebagai bahan pengganti agregat halus dapat meningkatkan kuat tekan beton *Self Compacting Concrete* (ErRanjodh et al, 2013).

Penggunaan kertas dan recycle aggregate sebagai agregat kasar dalam pembuatan papercrete dapat meningkatkan nilai kuat lentur (flexural strength) dari papercrete (Subramani, 2015). Nilai flexural strength pada beton terutama berkaitan dengan penggunaan beton sebagai balok penahan beban pada struktur.

Susut (shrinkage) juga menentukan mutu dari suatu mix design beton. Susut akan berakibat pada terjadinya retakan pada permukaan diakibatkan

perbedaan kuat tarik anatar komponen penyusun beton. Susut yang terjadi pada papercrete akan meningkat seiring dengan peningkatan jumlah kertas terhadap semen pada mix design (Yun, 2007).

Kelemahan dari papercrete adalah mutu kuat tekannya yang rendah. Diharapkan dengan adanya penambahan limbah keramik dapat meningkatkan kuat tekan dari papercrete. Pada penelitian ini dilakukan pembuatan rancang campuran (mix design) papercrete dengan bahan tambah limbah keramik untuk meningkatkan kuat tekan dari papercrete.

Tujuan dari penelitian yang dilakukan adalah untuk mengetahui kuat tekan dari papercrete dengan dan tanpa penambahan limbah keramik yang ramah lingkungan.

## 2. METODE

### Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain sebagai berikut :

#### 1. Semen

Semen yang digunakan untuk penelitian ini adalah semen jenis Portland Composite Cement (PCC) tipe 1. Semen jenis ini dipilih karena dalam pembuatan beton papercrete tidak dibutuhkan persyaratan semen khusus.

#### 2. Agregat kasar

Agregat kasar yang digunakan berasal dari stone crusher di daerah Sukoharjo. Agregat kasar yang digunakan berukuran maksimum 20 mm dan minimum 4,75 mm.

#### 3. Agregat halus

Agregat halus menggunakan pasir yang diperoleh dari daerah gunung kidul, Sleman, Yogyakarta. Agregat halus yang digunakan berukuran maksimum lebih kecil dari 4,75 mm.

#### 4. Kertas

Bahan kertas yang digunakan bersal dari pengepul barang bekas. Kertas yang digunakan terlebih dahulu dipotong kecil-kecil pada mesin pencacah kertas agar lebih mudah dalam memproses bubur kertas. Kertas yang sudah dipotong kecil kemudian direndam dalam air selama 24 jam. Setelah direndam kemudian kertas dihaluskan lagi dengan blender. Penghalusan kertas dilakukan berulang hingga kertas benar-benar halus dan dapat digunakan sebagai bahan papercrete seperti tampak pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Bahan kertas setelah dihaluskan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Concrete mixer

Concrete mixer digunakan untuk mencampur bahan pembuat papercrete sehingga siap dicetak menjadi benda uji. Concrete mixer yang digunakan berpengerak mesin diesel seperti tampak pada Gambar 2. Concrete mixer yang digunakan pada penelitian ini berkapasitas 350 liter untuk semen 50 kg agar pada pelaksanaan pencampuran lebih merata dan lebih efisien dari segi waktu.



**Gambar 2.** Concrete Mixer

2. Timbangan

Timbangan yang digunakan memiliki dengan kapasitas 2000 gram dengan ketelitian 0,1 kg.

3. Mould silinder

Cetakan benda uji berbentuk silinder seperti tampak pada Gambar 3 dengan ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm.

4. Ayakan

Ayakan digunakan untuk menyaring dan memisahkan agregat menurut ukuran saringan yang berbeda-beda. Ukuran saringan yang digunakan dalam penelitian ini adalah 31 mm, 25 mm, 19 mm, 12,5 mm, 9.5 mm,

4.75 mm, 2.36 mm, 1.18 mm, 0.85 mm, 0.3 mm, dan 0.15 mm.



**Gambar 3.** Mould Silinder

5. Alat uji tekan

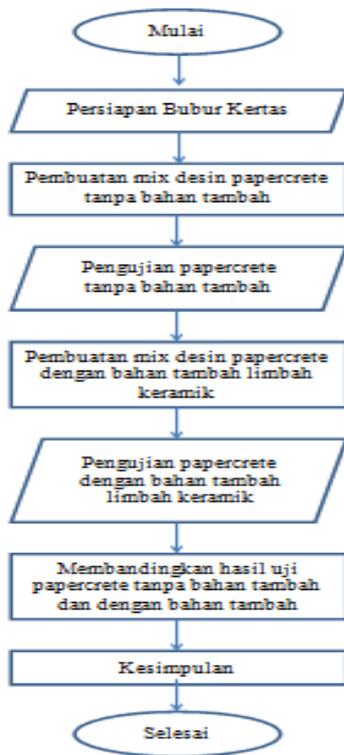
Compression testing machine (CTM) seperti tampak pada Gambar 4 merupakan alat uji tekan beton untuk mengetahui kuat tekan sampel silinder beton yang telah di buat.



**Gambar 4.** Compression Testing Machine (CTM)

**Metode penelitian**

Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi, Program Studi Teknik Sipil Universitas Veteran Bangun Nusantara Sukoharjo. Tahapan penelitian dimulai dengan pembuatan papercrete dengan tanpa bahan tambah limbah keramik. Kadar campuran kertas yang digunakan adalah 0%, 20%, 20% dan 30% dari volume pasir yang digunakan. Pada penelitian dibuat juga papercrete dengan bahan tambah limbah keramik. Kadar keramik pada campuran papercrete yang digunakan adalah 0%, 20%, 20% dan 30% dari jumlah pasir yang digunakan. Pelaksanaan penelitian mengacu pada diagram alur pemecahan masalah seperti tampak pada Gambar 5.

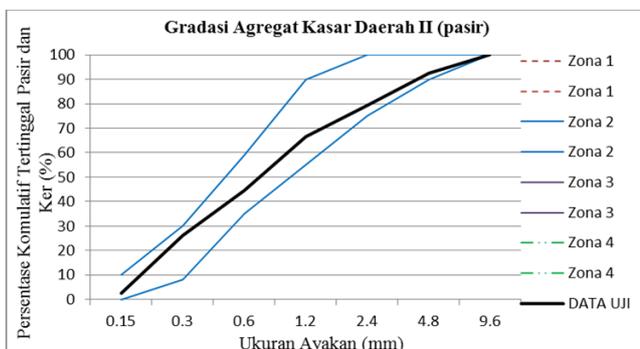


Gambar 5 Diagram Alir Penelitian

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 1. Gradasi agregat halus

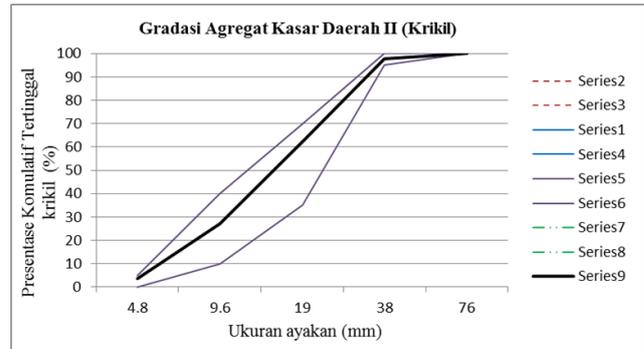
Gradasi agregat halus sangat penting untuk menjamin mutu beton yang berkualitas sesuai dengan ukuran yang diinginkan. Untuk menggunakan pasir sebagai bahan utama dari beton maka ukuran butirannya harus memenuhi syarat. Gradasi agregat adalah susunan ukuran butiran dari agregat tersebut. Apabila butir-butir agregat mempunyai ukuran yang sama, maka volume pasir akan menjadi besar. Sebaliknya jika ukuran bervariasi maka ukuran volumenya akan menjadi kecil. Pasir yang digunakan pada penelitian ini termasuk pada daerah Gradasi II seperti tampak pada Gambar 6 sehingga cukup baik sebagai bahan campuran beton.



Gambar 6. Grafik hasil pengujian gradasi pasir

#### 2. Gradasi agregat kasar

Tujuan dari pengujian gradasi agregat kasar adalah untuk mengetahui dan memeriksa susunan ataupun variasi butiran agregat kasar dan angka kekerasan (modulus halus) pada kerikil yang digunakan. Berdasarkan hasil pengujian seperti tampak pada Gambar 7, diketahui bahwa gradasi kerikil yang digunakan termasuk pada gradasi II



Gambar 7. Grafik hasil pengujian gradasi agregat kasar

Berdasarkan hasil analisis gradasi halus pada agregat kasar didapatkan nilai modulus butir dengan perhitungan dibawah ini :

Modulus halus butir

$$= \frac{\sum \text{persentase kumulatif tertinggal}}{100} \quad (1)$$

$$= \frac{309,51}{100}$$

$$= 3,09$$

Hasil pemeriksaan agregat kasar diperoleh modulus halus butir agregat kasar sebesar 3,09. Hasil perhitungan modulus halus butir menunjukkan agregat kasar masuk dalam persyaratan dan dapat digunakan dalam campuran beton.

#### 3. Rancang Campur (*Mix Design*) papercrete tanpa limbah keramik

Dalam membuat sampel beton maka perlu dibuat terlebih dahulu rancang campur (*mix design*) beton sesuai target kuat tekan yang diinginkan. Dasar penyusunan *mix design* adalah grafik pengujian agregat halus dan kasar. Penentuan berat kebutuhan semen ditentukan dengan perbandingan faktor air semen dan kebutuhan semen maksimal, untuk kebutuhan pasir kerikil menggunakan grafik untuk menentukan zona gradasi dan hasil dari pengukuran berat jenis keduanya. Pada penelitian ini kertas ditambahkan dengan menggunakan perbandingan terhadap volume pasir dalam campuran. *Mix design* papercrete tanpa bahan tambah keramik dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Mix design beton papercrete tanpa limbah keramik

Kode Benda uji	Kadar kertas	Volume (m <sup>3</sup> )	Kebutuhan Proporsi Campuran				
			Air (ltr)	Semen (kg)	Pasir (kg)	Kerikil (kg)	kertas (m <sup>3</sup> )
PC 0%	0 % kertas	0.016	3.24	7.242	10.995	18.786	0
PC 10%	10 % kertas	0.016	3.24	7.242	10.995	18.786	10%
PC 20%	20 % kertas	0.016	3.24	7.242	10.995	18.786	20%
PC 30%	30 % kertas	0.016	3.24	7.242	10.995	18.786	30%

#### 4. Kuat tekan papercrete tanpa limbah keramik

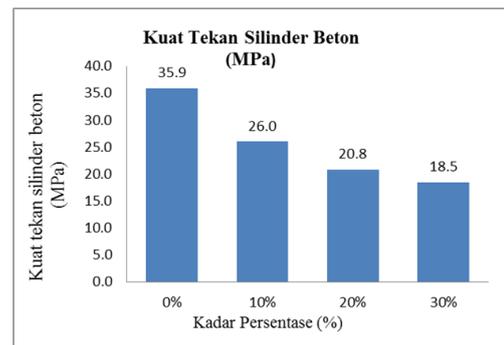
Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada beton umur 28 hari dengan menggunakan Compression Testing Machine untuk mengetahui besar kuat tekan maksimum benda uji silinder beton. Rekapitulasi hasil uji kuat tekan dapat dilihat pada Gambar 8 grafik hasil pengujian kuat tekan.

Berdasarkan grafik hasil pengujian kuat tekan papercrete tanpa limbah keramik pada Gambar 8 dapat disimpulkan bahwa kuat tekan optimum papercrete tanpa limbah keramik sebesar 26,0 MPa. Nilai kuat tekan optimum berada penambahan bubuk kertas 10%.

#### 5. Rancang Campur (Mix Design) papercrete dengan penambahan limbah keramik

Limbah keramik ditambahkan dengan mengurangi jumlah pasir yang digunakan pada campuran papercrete. Penambahan keramik dilakukan pada kadar 10%, 20% dan 30% dari jumlah pasir pada

campuran. Mix design beton papercrete dengan penambahan limbah keramik dapat dilihat pada Tabel 2.



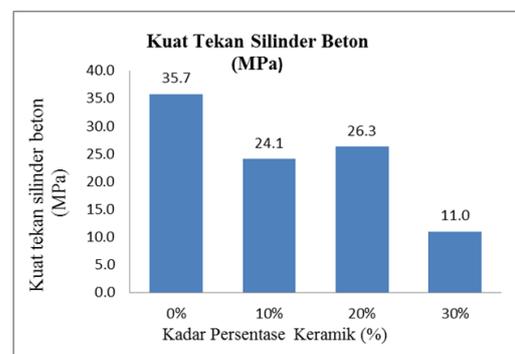
**Gambar 8.** Grafik hasil pengujian kuat tekan papercrete tanpa limbah keramik

**Tabel 2.** Mix design beton papercrete dengan penambahan limbah keramik

Kode Benda uji	Kadar kertas	Kebutuhan Proporsi Campuran					
		Air (ltr)	Semen (kg)	Pasir (kg)	Kerikil (kg)	kertas (m <sup>3</sup> )	Keramik (kg)
PCK 0%	0 % kertas	3.24	7.242	10.995	18.786	0	0.000
PCK 10%	10 % kertas	3.24	7.242	9.8955	18.786	10%	1.100
PCK 20%	20 % kertas	3.24	7.242	8.796	18.786	20%	2.199
PCK 30%	30 % kertas	3.24	7.242	7.6965	18.786	30%	3.299

#### 6. Kuat tekan papercrete dengan limbah keramik

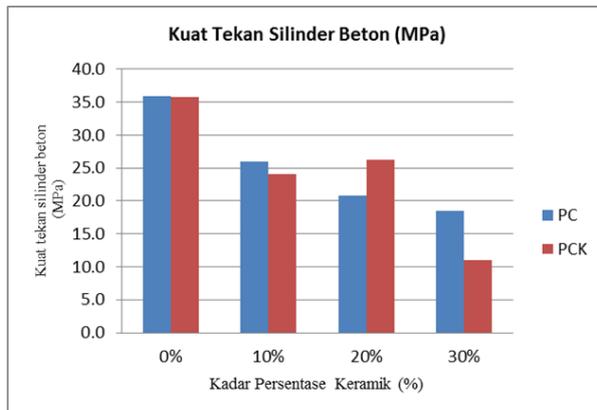
Benda uji hasil mix design beton papercrete dengan penambahan limbah keramik kemudian diuji pada umur sampel 28 hari. Pengujian kuat tekan beton dilakukan dengan menggunakan Compression Testing Machine untuk mengetahui besar kuat tekan maksimum benda uji silinder beton papercrete dengan penambahan limbah keramik. Rekapitulasi hasil uji kuat tekan dapat dilihat pada Gambar 9 grafik hasil pengujian kuat tekan papercrete dengan limbah keramik.



**Gambar 9.** Grafik hasil pengujian kuat tekan papercrete dengan limbah keramik

Dari hasil pengujian kuat tekan diperoleh bahwa nilai kuat tekan optimum beton papercrete dengan limbah keramik berada pada penambahan limbah keramik sebanyak 20%. Nilai kuat tekan optimum beton papercrete dengan limbah keramik sebesar 26,3 MPa

Perbandingan antara beton papercrete tanpa bahan tambah limbah keramik dan beton papercrete dengan bahan tambah limbah keramik ditunjukkan pada Gambar 10.



**Gambar 10.** Grafik perbandingan kuat tekan beton papercrete tanpa bahan tambah limbah keramik (PC) dan beton papercrete dengan bahan tambah limbah keramik (PCK)

Nilai kuat tekan beton papercrete tanpa bahan tambah limbah keramik (PC) dan beton papercrete dengan bahan tambah limbah keramik (PCK) akan meningkat sebanyak 26,50%. Seperti terlihat pada penambahan 20% limbah keramik pada campuran papercrete.

#### 4. SIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diperoleh dari pembahasan sebelumnya adalah bahan tambah limbah keramik dapat meningkatkan kuat tekan beton papercrete. Nilai kuat tekan optimum papercrete tanpa bahan tambah limbah keramik dan papercrete dengan bahan tambah limbah keramik berada pada angka 26,0 MPa - 26,3 MPa. Papercrete tanpa bahan tambah limbah keramik pada komposisi 10% kertas memiliki nilai kuat tekan optimum 26,0 MPa. Kuat tekan optimum papercrete dengan bahan tambah limbah keramik berada pada komposisi 20% kertas yaitu sebesar 26,3 MPa. Untuk mendapatkan hasil yang lebih baik maka perlu kajian mengenai ukuran butir limbah keramik yang ditambahkan pada campuran beton. Penambahan variasi kadar kertas dan keramik yang diuji juga perlu dilakukan untuk dapat lebih menggambarkan hubungan antara kadar kertas dan keramik dengan kuat tekan beton papercrete.

#### 5. UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih disampaikan kepada Universitas Veteran Bangun Nusantara Sukoharjo yang telah memberikan kesempatan melakukan penelitian pada Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi, Program Studi Teknik Sipil.

#### 6. DAFTAR PUSTAKA

- Er.Ranjodh Singh, Er.Rohin Kaushik, Er.Gurniwaz Singh. 2013. Study of Self Compacting Concrete Using Brick Dust and Marble Powder. *International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA)* ISSN: 2248-9622. Vol. 3, Issue 3, May-Jun 2013. PP 1283-1286.
- Karri, R., Bhardwaj, A. 2016. Application of Papercrete in Concrete. *International Journal for Scientific Research & Development (IJSRD)*. ISSN (online): 2321-0613. Vol. 4, Issue 05, 2016. PP 559-560.
- Myriam Marie Delcasse al. 2017. Papercrete Bricks - An Alternative Sustainable Building Material. *Int. Journal of Engineering Research and Application*. Vol. 7, Issue 3, (Part -6) March 2017, pp.09-14.
- Pratama, E. 2016. Kajian Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton Kertas (Papercrete) dengan Bahan Tambah Serat Nylon. *Jurnal Fropil Vol 4 Nomor 1 Jan-Juni 2016*. *Jurnal Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Bangka Belitung*.
- Safarizki, H.A. 2017. Pengaruh Bahan Tambah Serbuk Bata dan Serat Fiber pada Self Compacting Concrete (SCC). *Jurnal Ilmiah Teknosains (JiTek)*. p-ISSN 2460-9986, e-ISSN 2476-9436. Volume 3, No 2, November 2017. Hal 68-72.
- Shermale, Yogesh D. 2016. Properties of Papercrete Concrete: Building Material. *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE)* e-ISSN: 2278-1684,p-ISSN: 2320-334X, Volume 14, Issue 2 Ver. VII (Mar. - Apr. 2017), PP 27-32.
- Shivangni Khandelwal, et.all. 2015. Review on Papercrete. *International Journal of Combined Research & Development (IJCRD)*. eISSN: 2321-225X;pISSN:2321-2241. Volume: 4; Issue: 6; June - 2015. PP 668-672.
- Subramani, T., Angappan, V. 2015. Experimental Investigation Of Papercrete Concrete. *International Journal of Application or Innovation in Engineering & Management (IJAIEEM)*. ISSN 2319 - 4847. Volume 4, Issue 5, May 2015. PP 134-143.
- Subramani, T., Shanmugam, G. 2015. Experimental Investigation Of Using Papercrete And Recycled Aggregate As A Coarse Aggregate. *International Journal of Application or Innovation in Engineering & Management (IJAIEEM)*. ISSN 2319 - 4847. Volume 4, Issue 5, May 2015. PP 323-332.

- Wahyono, S. 2001. Pengelolaan Sampah Kertas di Indonesia. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. p-ISSN 1411-318x, e-ISSN 2538-6101. Volume 2, No 3, September 2001. Hal 276-280.
- Yun, H., Jung, H. & Choi, C. 2007. Mechanical Properties of Papercrete Containing Waste Paper. 18th International Conference on Composite Materials, Architectural Institute of Korea, Korea.