

# ANALISA SEMEN CAMPURAN ABU DAUN BAMB DAN KALSIMUM HIDROKSIDA

Benny Kurniawan<sup>1</sup>, Jimmy Sugiarto<sup>2</sup> and Handoko Sugiharto<sup>3</sup>

**ABSTRAK :** Produksi semen memberikan dampak yang buruk pada lingkungan, yaitu pemanasan global dari karbon dioksida yang terbentuk selama proses produksi. Penggunaan bahan aditif untuk menggantikan semen sangat berpengaruh. Abu daun bambu adalah salah satu bahan aditif yang dapat menggantikan penggunaan semen. Penelitian ini bertujuan untuk meneliti karakteristik dari abu daun bambu. Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa abu daun bambu adalah pozzolan kelas N, dengan konsentrasi silika oksida yang tinggi. Namun silika dalam abu daun bambu tidak sepenuhnya amorf, penggunaan kalsium hidroksida dibutuhkan untuk membantu proses hidrasi. Kalsium hidroksida akan bereaksi dengan silika oksida untuk membentuk silika hidrat yang berujung pada percepatan proses hidrasi. Penggunaan 90% abu daun bambu + 10% kalsium hidroksida digunakan pada penelitian ini. Penggunaan aditif sebanyak 8% sangat optimal untuk hasil kuat tekan. Penelitian ini juga menyimpulkan semakin tinggi persentase abu daun bambu akan menghasilkan massa mortar yang lebih ringan dan memiliki porositas dan daya serap yang semakin kecil.

**KATA KUNCI:** semen, pozzolan, abu daun bambu, amorf, kalsium hidroksida, mortar

## 1. PENDAHULUAN

Semen berkontribusi banyak pada bidang teknik sipil, namun produksi semen tidak ramah lingkungan. Produksi semen akan menghasilkan CO<sub>2</sub> sebanyak 845 kg dalam setiap pembuatan 1000 kg semen. (Sanjuán et al., 2020). Tetapi penggunaan semen dapat dikurangi dengan bahan aditif. Material tambahan lain pada beton atau sering disebut bahan aditif, umumnya mempunyai komponen yang bersifat pozzolan (Antoni & Nugraha, 2007).

Bahan aditif yang paling populer adalah bahan yang berasal dari sisa produksi dan limbah. Salah satu dari contoh bahan aditif itu adalah abu daun bambu. Hal ini karena abu daun bambu mengandung elemen seperti silika, potassium, kalsium, magnesium, dan mangan. Abu daun bambu juga dapat teroksidasi dengan kalsium hidroksida (Ca(OH)<sub>2</sub>) menjadi silikat hidrat (CSH gel) yang merupakan elemen utama dari semen (Onikeku, et al., 2019).

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Bahan Aditif Abu Daun Bambu

Abu daun bambu yang dibakar pada suhu diatas 600°C selama 2 jam mengandung kandungan silika (Diana et al., 2020). Silika merupakan salah satu material penyusun senyawa pozzolan yang merupakan senyawa pembentuk material seperti semen (Onikeku et al., 2019). Metode yang

---

<sup>1</sup> Mahasiswa, Fakultas Teknik Sipil, Universitas Kristen Petra, Email: b11180003@john.petra.ac.id

<sup>2</sup> Mahasiswa, Fakultas Teknik Sipil, Universitas Kristen Petra, Email: b11180006@john.petra.ac.id

<sup>3</sup> Dosen, Fakultas Teknik Sipil, Universitas Kristen Petra, Email: hands@petra.ac.id

digunakan untuk menguji material abu daun bambu meliputi pengujian *pozzolanic reaction*, yaitu X-ray diffraction (XRD) dan X-ray fluorescence (XRF).

## 2.2 Kalsium Hidroksida

Kalsium Hidroksida/ kapur padam ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) akan bereaksi dengan senyawa silika dalam abu daun bambu agar memiliki sifat mengikat seperti semen menjadi senyawa silikat hidrat (CSH gel) yang merupakan elemen utama dari semen (Onikeku et al., 2019).

## 3. METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Persiapan Material Abu Daun Bambu

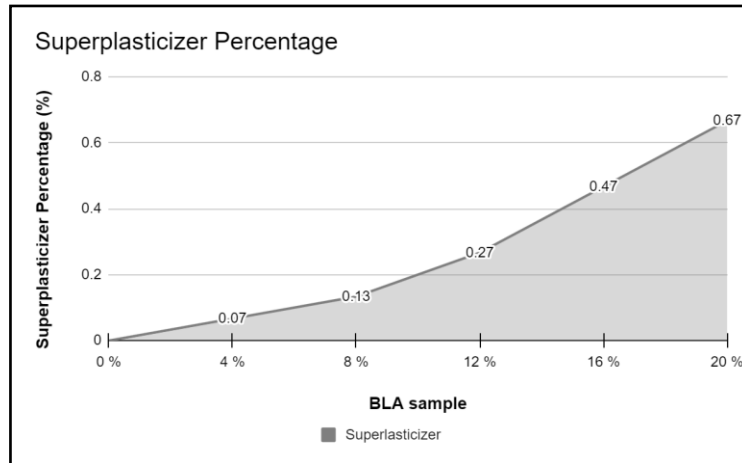
Material dasar yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah daun bambu. Pembakaran daun bambu diawali dengan pengeringan daun bambu dibawah sinar matahari. Dilanjutkan dengan pembakaran di dalam tungku perapian menggunakan pemantik api untuk menghilangkan kadar air. Pada tahapan selanjutnya suhu pembakaran ditingkatkan menjadi  $600^\circ\text{C}$  selama minimal 2 jam. Abu daun bambu hasil pembakaran yang lolos ayakan  $150\mu\text{m}$  akan digunakan.

### 3.2 Mix Design

*Mix Design* menggunakan perbandingan air ke *binder* sebesar 0.55, angka ini ditentukan melalui pengujian konsistensi normal. Untuk perbandingan pasir : *binder* menggunakan 1 : 2.75 (berdasarkan massa) sesuai dengan penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Umoh et al. (2015). *Binder* terdiri dari semen dan aditif (90% abu daun bambu + 10% kalsium hidroksida). Dalam **Tabel 1**, dapat dilihat jumlah *mix design* yang diperlukan untuk mendapatkan 9 spesimen mortar (tiap persentasenya). Selain itu *mix design* juga menggunakan Superplasticizer (SP) untuk mendapatkan *workability* yang lebih optimal. Persentase penggunaan SP dibandingkan dengan massa *binder* ditentukan dari hasil *flowtable*, dengan standar ASTM C230, memiliki target diameter  $15\pm 1$  cm. Dalam **Gambar 1**, dapat dilihat persentase penggunaan SP selama *mix design*.

**Tabel 1. Mix Design Mortar Campuran Abu Daun Bambu dan Kalsium Hidroksida**

Persentase aditif (%)	Semen (gram)	Pasir (gram)	Air (gram)	Aditif	
				Abu daun bambu (gram)	Ca(OH) <sub>2</sub> (gram)
0	750	2062.5	412.5	0	0
4	720	2062.5	412.5	27	3
8	690	2062.5	412.5	54	6
12	660	2062.5	412.5	81	9
16	630	2062.5	412.5	108	12
20	600	2062.5	412.5	135	15



Gambar 1. Grafik Pemakaian Superplasticizer

#### 4. ANALISA DAN PEMBAHASAN

##### 4.1 Analisa Abu Daun Bambu

Untuk pengujian XRD akan ditinjau dalam 3 tahap waktu pembakaran yaitu selama 2 jam, selama 1.5 jam, dan selama 45 menit. Data pengujian XRD akan diolah menggunakan *software* OriginLab dalam bentuk tabel. Melihat hasil pengujian XRD yang didapat dari *software*, pada **Tabel 2**, dapat disimpulkan bahwa semakin lama waktu pembakaran maka indeks kristalinitas abu daun bambu akan semakin rendah. Waktu pembakaran selama 45 menit menghasilkan 19.3% indeks kristalinitas, untuk pembakaran 1.5 jam menghasilkan 7.74% indeks kristalinitas, dan selama 2 jam hanya menghasilkan 4.63% indeks kristalinitas. Semakin lama waktu pembakaran, maka akan mempengaruhi sifat material abu daun bambu untuk menjadi lebih amorf.

Tabel 2. Indeks Kristalinitas Uji XRD

Pembakaran 45 menit			Pembakaran 1.5 jam			Pembakaran 2 jam		
Luas Kristalin (LK)	Total Luas (LK+LT)	Indeks Kristalinitas ((LK/ Total Luas)%)	Luas Kristalin (LK)	Total Luas (LK+LT)	Indeks Kristalinitas ((LK/ Total Luas)%)	Luas Kristalin (LK)	Total Luas (LK+LT)	Indeks Kristalinitas ((LK/ Total Luas)%)
61.23	3739.014	19.291	10.108	4029.002	7.737	77.136	3281.306	4.631
214.571			65.159			36.185		
36.334			61.552			38.634		
44.958			34.107					
80.042			23.716					
33.961			27.415					
24.919			12.226					
27.771			26.737					
16.177			21.112					
14.736			16.051					
42.266			13.541					
124.342								
Total LK			Total LK			Total LK		
721.307			721.307			721.307		

Pengujian XRF ini menggunakan sampel abu daun bambu dengan waktu pembakaran paling lama yaitu 2 jam. Hasil pengujian XRF akan dilampirkan dalam bentuk **Tabel 3**. Dari **Tabel 3** dapat disimpulkan bahwa abu daun bambu merupakan sebuah senyawa pozzolan kelas N. Sesuai dengan standar ASTM C618, abu daun bambu memiliki kandungan  $\text{SiO}_2 + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$  yang lebih besar dari 70% yaitu sebesar 81%, dan memiliki kadar  $\text{SO}_3$  dibawah 4 %. Abu daun bambu dapat digunakan menjadi bahan pengganti parsial dari semen, karena memiliki kandungan  $\text{SiO}_2$  yang tinggi. Sebagai senyawa pozzolan abu daun bambu sudah memenuhi kriteria dengan kandungan  $\text{SiO}_2$  beserta adanya unsur oksida seperti  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  dan  $\text{CaO}$  serta lain sebagainya.

**Tabel 3. Hasil Pengujian XRF**

Unsur Oksida	Persentase (%)
$\text{Al}_2\text{O}_3$	1.6
$\text{SiO}_2$	81
$\text{SO}_3$	0.91
$\text{K}_2\text{O}$	3.32
$\text{CaO}$	7.4
$\text{TiO}_2$	0.46
$\text{V}_2\text{O}_5$	0.03
$\text{MnO}$	0.3
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	4.84
$\text{CuO}$	0.11
$\text{ZnO}$	0.055
$\text{Rb}_2\text{O}$	0.017
$\text{SrO}$	0.049
$\text{ZrO}_2$	0.01
$\text{BaO}$	0.02
$\text{Re}_2\text{O}_7$	0.03

#### 4.2 Analisa Binder

*Binder* pertama, semen, didapatkan dari PT. Solusi Bangun, yang merupakan tipe *ordinary portland cement*. *Binder* kedua yaitu abu daun bambu, dan *binder* terakhir kapur padam ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ). Analisa pertama yaitu konsistensi normal, dengan standar ASTM C187, yang dapat dilihat hasilnya pada **Tabel 4**. *Water to binder ratio* yang didapat dari konsistensi normal, digunakan untuk menentukan berapa *water to binder ratio* dalam *mix design*. Nilai konsistensi normal meningkat karena penggunaan aditif abu daun bambu bersifat pozzolan. Pozzolan membutuhkan kadar air yang lebih tinggi karena memiliki bentuk partikel angular dan irregular (Antoni & Nugraha, 2007).

**Tabel 4. Hasil Pengujian Konsistensi Normal**

Sampel (% BLA)	W/C Ratio (%)
0	28
4	31.625
8	35.875
12	39.7375
16	44.5
20	49.125

Pengujian kedua pada *binder* adalah *setting time*, dengan standar ASTM C191, yang dapat dilihat hasilnya pada **Tabel 5**. *Initial* dan *final setting time* pada sampel yang diuji menunjukkan kenaikan,

yang berarti abu daun bambu dan kalsium hidroksida akan memperlama proses *binder* untuk mencapai kondisi *set*. Pozzolan pada umumnya memiliki kecepatan reaksi yang lebih lama dibandingkan dengan semen (Antoni & Nugraha, 2007). Abu daun bambu bersifat pozzolan.

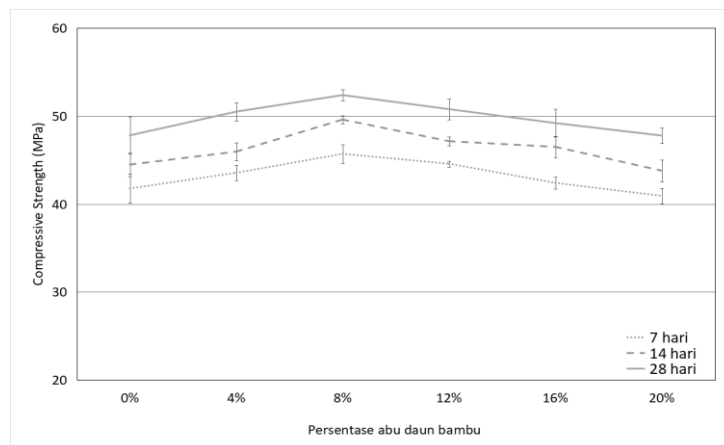
**Tabel 5. Hasil Pengujian *Setting Time***

Sampel (% BLA)	Jam Initial <	Jam Initial >	Pen < 25 mm	Pen > 25 mm	Initial (menit)	Final (menit)
0	90	115	20	32	100	170
4	95	110	22	25	110	175
8	98	157	11	28	147	180
12	149	160	12	28	158	187
16	130	177	11	25	177	208
20	120	188	10	23	198	220

### 4.3 Analisa Mortar

#### 4.3.1 Analisa Kuat Tekan

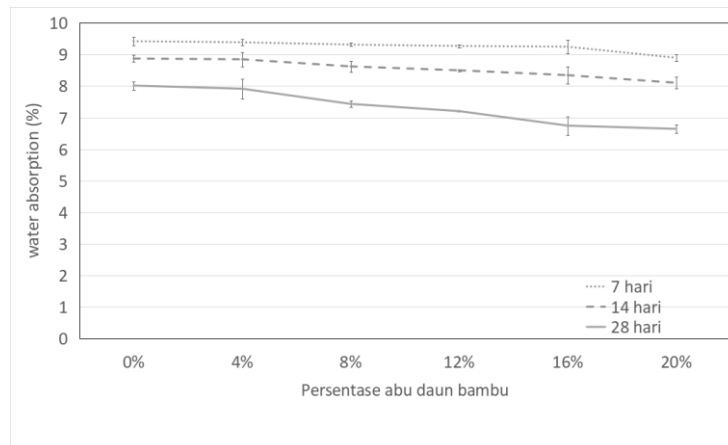
Standar analisa kuat tekan yang digunakan adalah ASTM C109. Grafik kuat tekan mortar campuran abu daun bambu dapat dilihat pada **Gambar 2**. Dari gambar tersebut disimpulkan bahwa penambahan 8% aditif merupakan sampel yang optimal bagi mortar karena memiliki kuat tekan tertinggi. Nilai kuat tekan mortar campuran abu daun bambu pada penambahan 8% aditif, yaitu 45.692 MPa (hari ke-7), 49.589 MPa (hari ke-14), dan 52.373 MPa (hari ke-28). Hasil kuat tekan dari penambahan aditif abu daun bambu termasuk baik, karena dengan 20% aditif mortar masih memiliki hasil kuat tekan yang tidak jauh dari spesimen kontrol. Dengan kuat tekan pada 7 hari, 41.762 MPa pada spesimen kontrol dan 40.92 MPa pada mortar 20%.



**Gambar 2. Grafik Kuat Tekan Mortar**

#### 4.3.2 Analisa Daya Serap

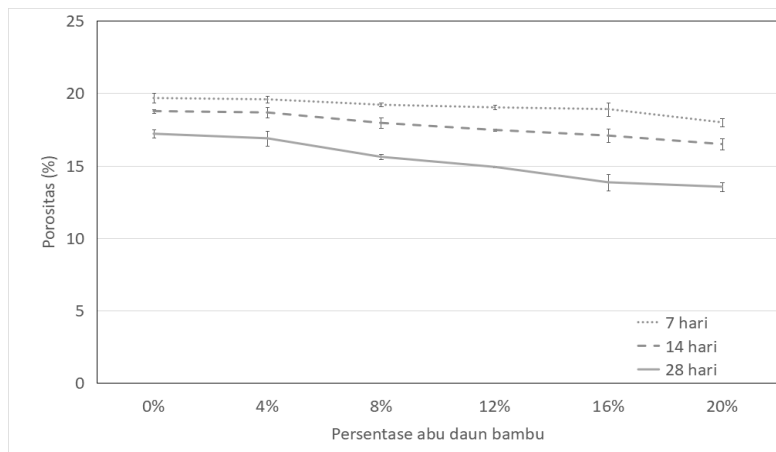
Standar analisa daya serap air pada mortar yang digunakan adalah ASTM C1403. Grafik daya serap air pada mortar campuran abu daun bambu dapat dilihat pada **Gambar 3**. Dari gambar tersebut disimpulkan bahwa nilai daya serap mortar campuran abu daun bambu akan terus menurun. Nilai daya serap pada 7 hari berada di angka 9.42% hingga 8.89%, pada 14 hari 8.87% hingga 8.1%, dan pada 28 hari 8.01% hingga 6.64%. Penambahan kapur padam pada *binder* membantu terbentuknya reaksi silikat hidrat (CSH gel) yang secara tidak langsung mempengaruhi daya serap dari mortar menjadi semakin turun.



**Gambar 3. Grafik Daya Serap Air pada Mortar**

#### 4.3.3 Analisa Porositas

Standar analisa porositas yang digunakan adalah ASTM C29. Grafik porositas mortar campuran abu daun bambu dapat dilihat pada **Gambar 4**. Dari gambar tersebut disimpulkan bahwa sejalan dengan bertambahnya penambahan aditif, persentase porositas pada mortar semakin menurun. Penurunan porositas dapat terjadi karena terbentuknya reaksi silikat hidrat (CSH gel), sebagai akibat dari penambahan kapur padam pada campuran. Peran dari penambahan kapur padam yang membuat *binder* dapat terhidrasi secara menyeluruh dan membuat terbentuknya senyawa silikat hidrat (CSH gel) pada mortar. Pada **Gambar 4** dapat terlihat bahwa dengan waktu curing yang semakin lama juga mempengaruhi nilai porositas, dimana semakin lama waktu curing, porositas semakin berkurang. Dapat terlihat dari angka porositas terendah pada 7 hari adalah sebesar 17.98 %, sedangkan pada 14 hari adalah sebesar 16.4%, dan pada 28 hari adalah sebesar 13.54%.

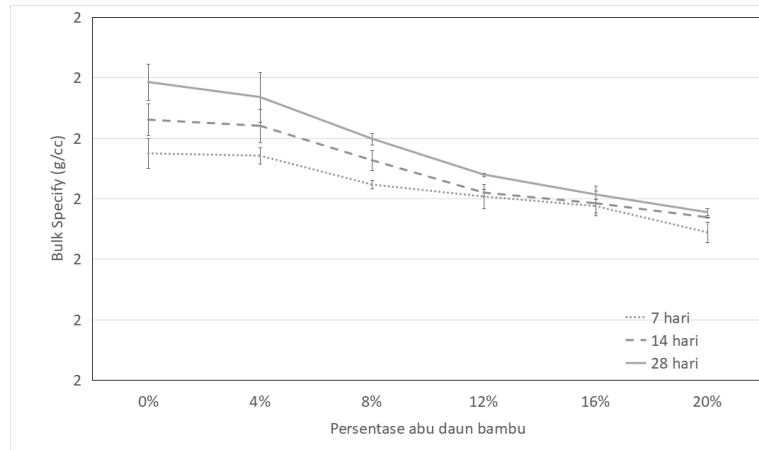


**Gambar 4. Grafik Porositas**

#### 4.3.4 Analisa Bulk Density

Standar analisa *bulk density* yang digunakan adalah ASTM C29. Grafik *bulk density* mortar campuran abu daun bambu dapat dilihat pada **Gambar 5**. Nilai *bulk density* pada mortar semakin turun dengan bertambahnya aditif. Penurunan *bulk density* dapat terjadi karena dengan volume yang sama abu daun bambu dapat memiliki massa yang lebih rendah dibandingkan semen, sehingga saat penambahan aditif

abu daun bambu berat per volumenya semakin turun. Mortar dengan persentase aditif yang tinggi memiliki berat per volume yang lebih ringan daripada spesimen kontrol. Dapat dilihat pada **Gambar 5**, bulk density terendah selama 7 hari adalah sebesar 2.022%, dan untuk sampel 14 hari 2.034%, sedangkan untuk sampel 28 hari sebesar 2.0387%.



**Gambar 5. Grafik Bulk Density**

## 5. KESIMPULAN

Hasil penelitian dari mortar campuran abu daun bambu dan kalsium hidroksida adalah:

1. Mortar dengan campuran 8% dapat menghasilkan kuat tekan paling tinggi sebesar 52.373 MPa pada hari ke-28.
2. Daya serap dan porositas memiliki hasil yang sama, keduanya akan terus menurun seiring dengan bertambahnya persentase abu daun bambu yang dimasukkan.
3. *Bulk density* akan terus berkurang seiring dengan bertambahnya persentase abu daun bambu yang dimasukkan.
4. Sifat kimia abu daun bambu merupakan senyawa pozzolan dengan silika yang tinggi dan dapat menjadi amorf dengan tahapan tertentu.
5. Diperlukan waktu *setting time* yang lebih lama dengan penambahan *admixture* abu daun bambu.
6. Diperlukan kandungan air yang lebih banyak bagi mortar dengan *admixture* abu daun bambu untuk mencapai kondisi konsistensi normal.

Beberapa saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya mengenai mortar campuran abu daun bambu dan kalsium hidroksida adalah:

1. Diperlukan pengujian lebih lanjut untuk kadar emisi karbon dioksida yang dihasilkan dari pembuatan material abu daun bambu.
2. Proses pembakaran daun bambu diperlukan penelitian lebih lanjut dengan alat pembakaran yang lebih efektif dan optimal.
3. Diperlukan studi lebih lanjut mengenai efektifitas abu daun bambu sebagai material dalam produksi semen untuk dimanfaatkan secara global.

## 6. DAFTAR REFERENSI

- Antoni & Nugraha, P. (2007). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Penerbit ANDI.
- ASTM C109-99. (1999). "Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars." *United State of America: ASTM International*.

- ASTM C1403-13. (2013). "Standard Test Method for Rate of Water Absorption of Masonry Mortars." *United State of America: ASTM International*.
- ASTM C187-98. (1998). "Standard Test Method for Normal Consistency of Hydraulic Cement." *United State of America: ASTM International*.
- ASTM C191-08. (2008). "Time of Setting of Hydraulic Cement by Vicat Needle." *United State of America: ASTM International*.
- ASTM C230-03. (2003). "Standard Specification for Flow Table for Use in Tests of Hydraulic Cement." *United State of America: ASTM International*.
- ASTM C29-16. (2016). "Standard Test Method for Bulk Density ("Unit Weight") and Voids and aggregates." *United State of America: ASTM International*.
- ASTM C618-19. (2019). "Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete." *United State of America: ASTM International*.
- Diana, A. I. N., Fansuri, S., & Desharyanto, D. (2020). "Penambahan Abu Daun Bambu sebagai Substitusi Material Semen terhadap Kinerja Beton". *Paduraksa: Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa*. Vol. 9, No.2, 172-182.
- Onikeku, O., Shitote, S. M., Mwero, J., & Adedeji, A. (2019). "Evaluation of Characteristics of Concrete Mixed with Bamboo Leaf Ash". *The Open Construction & Building Technology Journal*. Vol. 13, No. 1, 67-80.
- Sanjuán, M.Á., Andrade, C., Mora, P., Zaragoza, A. (2020). "Carbon Dioxide Uptake by Mortars and Concretes Made with Portuguese Cements". *Applied Sciences*. Vol. 10, No. 2, 646.
- Umoh, A. A., & Odesola, I. A. (2015). "Characteristics of Bamboo Leaf Ash Blended Cement Paste and Mortar". *Civil Engineering Dimension*. Vol. 17, No. 1, 22-28.