

ANALISIS STRUKTUR ABU TANDAN SAWIT (PBA), ABU PELEPAH SAWIT (PFA) DAN ABU SEKAM PADI (RHA) DENGAN DAN TANPA SINTERING MENGGUNAKAN X-RAY DIFFRACTION (XRD) DAN SCANNING ELECTRON MICROSCOPY (SEM) SEBAGAI CAMPURAN SEMEN PALM BUNCH ASH, PLAM FRONT ASH AND RICE HUSK ASH STRUCTURE ANALYSIS WITH AND WITHOUT SINTERING USING X-RAY DIFFRACTION (XRD) AND SCANNING ELECTRON MICROSCOPY (SEM) AS A MIXTURE OF CEMENT

Helga Dwi Fahyuan^{1*}, Samsidar², M. Ficky Afrianto³

Prodi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Jambi, Jambi
Helga_dwifahyuan@yahoo.com, Jl. Raya Jambi – Muara Bulian KM. 15 Mendalo Darat
36361

ABSTRACT

The structure analysis of Palm Bunch Ash (PBA), Palm Front Ash (PFA) and Rice Husk Ash (RHA) with and without sintering as a mixture of cement using X-ray diffraction (XRD) and Scanning Electron Microscopy (SEM) have been done. XRD analysis of the PBA with and without sintering contains SiO₂ hexagonal structure and two peaks of CaCO₃ rhombohedral structure, but CaCO₃ changes to hexagonal structure after sintering. PFA without sintering dominant contains CaCO₃ rhombohedral structure and three peaks of SiO₂ hexagonal structure while after sintering PFA becomes amorphous structure. RHA with and without sintering dominant contains SiO₂ amorphous structure. RHA amorphous structure has a smaller particle size that is better able to fill the holes in the concrete pores. Small particles have a large surface area and binding force of particle is strong so as to increase the compressive strength of concrete. Analysis of micrograph SEM of the PBA and PFA with and without sintering shaped spherical-aggregates, while RFA shaped flat plate. Particle size with and without sintering for PBA in the range of 0.9 to 3.6 μm and 7.78 to 15 μm , for PFA 8.56 to 25.65 μm and 8.06 to 21.08 μm , for RHA 8.29 - 34.15 μm and 13.5 to 108.3 μm .

Keywords: Palm Bunch Ash, Palm Frond Ash, Rich Husk Ash, Cement

ABSTRAK

Telah dilakukan analisis struktur abu tandan sawit (PBA), Abu Pelelah Sawit (PFA) dan Abu Sekam Padi (RHA) dengan dan tanpa sintering menggunakan X-Ray Diffraction dan Scanning Electron Microscopy sebagai campuran semen. Analisis XRD dari PBA tanpa dan dengan sintering, dominan mengandung SiO₂ dengan struktur hexagonal dan dua puncak CaCO₃ dengan struktur rhombohedral, terjadi perubahan struktur setelah disintering ke hexagonal. PFA sintering mengalami perubahan struktur ke amorf, sedangkan PFA tanpa sintering dominan mengandung CaCO₃ dengan struktur rhombohedral, dan tiga puncak SiO₂ berstruktur hexagonal. RHA tanpa dan dengan sintering dominan mengandung SiO₂ dengan struktur amorf. RHA dengan struktur amorf memiliki ukuran partikel lebih kecil sehingga sangat cocok jika di aplikasikan pada beton yang mampu mengisi lubang pori pada beton. Partikel yang kecil memiliki luas permukaan yang besar dan gaya ikat partikel semakin kuat dan ini akan menambah kuat tekan dari beton. Mikrograph SEM PBA dan PFA dengan dan tanpa sintering berbentuk agregat-agregat bulat sedangkan RFA berbentuk lempengan pipih. Ukuran partikel PBA dalam range 0,9 – 3,6 μm dan 7,78 – 15 μm , PFA 8,56 – 25,65 μm dan 8,06 – 21,08 μm , RHA 8,29–34,15 μm dan 13,5 – 108,3 μm .

Katakunci: Abu Tandan Sawit, Abu Pelelah Sawit dan Abu Sekam Padi, Semen

1. PENDAHULUAN

Semen merupakan bahan perekat dalam pembuatan beton. Suatu beton biasanya terdiri dari campuran kurang lebih 15% semen, 8% air, 3% udara, selebihnya pasir dan kerikil [1]. Kualitas suatu beton sangat ditentukan oleh berbagai hal, seperti komposisi antar bahan penyusun, dan FAS (Faktor Air Semen) [2]. Komposisi yang tepat antar bahan penyusun beton akan menghasilkan beton dengan kualitas yang baik, sedangkan penggunaan FAS yang kecil juga akan menghasilkan beton yang lebih kuat, tetapi sulit dalam pengadukan [3].

Untuk mendapatkan kekuatan beton yang baik, diperlukan suatu bahan tambah pada bahan penyusunnya, salah satunya *fly ash* yang berasal dari abu sisa pembakaran batubara [3,7,8]. *Fly ash* batubara berupa butiran halus ringan, tidak porous serta bersifat pozolanik [8]. Bahan yang bersifat pozolanik disebut bahan pozzolan. Bahan pozzolan adalah bahan tambahan yang mempunyai kandungan utamanya silika dan alumina [4]. Bahan pozzolan dapat digunakan sebagai pencampur semen disebabkan kandungan pozzolan mirip dengan kandungan bahan baku pembuatan semen, dimana bahan baku utama untuk pembuatan semen biasanya mengandung oksida-oksida kalsium, silika, alumina dan besi [2]. Tetapi kandungan senyawa kimia yang dimiliki pozzolan tidak memiliki sifat mengikat selayaknya senyawa kimia semen. Meskipun demikian oksida silika yang terkandung dalam pozzolan akan bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida (kapur bebas) yang terbentuk melalui proses hidrasi semen ketika dicampur dengan air sehingga menghasilkan massa padat dan keras [5,10,15,16].

Perlunya penambahan bahan pozzolan dalam peningkatan kualitas kekuatan beton adalah karena beton yang telah mengering akan kehilangan kadar air yang menguap karena panas hidrasi yang terjadi dan menimbulkan lubang pori pada beton. Lubang pori pada beton akan mengakibatkan beton berkurang kepadatannya dan menjadi rapuh sehingga kualitas beton menjadi berkurang [6,11]. Oleh karena itu penambahan bahan pozzolan dari *fly ash* dapat menambah kuat tekan beton karena butirannya yang sangat kecil mampu mengisi lubang pori pada beton [9,12]. Penambahan *fly ash* tidak hanya meningkatkan kekuatan beton, tetapi juga meningkatkan ketahanan (*durability*) beton, meningkatkan kerapatan beton, dan mengurangi penyusutan [7,13].

Penelitian tentang *fly ash* biasanya hanya sebatas mencari besar perbedaan hasil kuat tekan yang di hasilkan dari beton dengan campuran *fly ash* di bandingkan dengan beton konvensional dengan beberapa metode perawatan [7,8], bagaimana kehalusan *fly ash* terhadap sudut mortar dengan berbagai metode [4,5,14]. Namun belum ada penelitian yang mengkaji tentang struktur dari *fly ash* tersebut sehingga dapat dijadikan bahan pencampur semen. Pada penelitian ini *fly ash* batu bara yang biasa digunakan

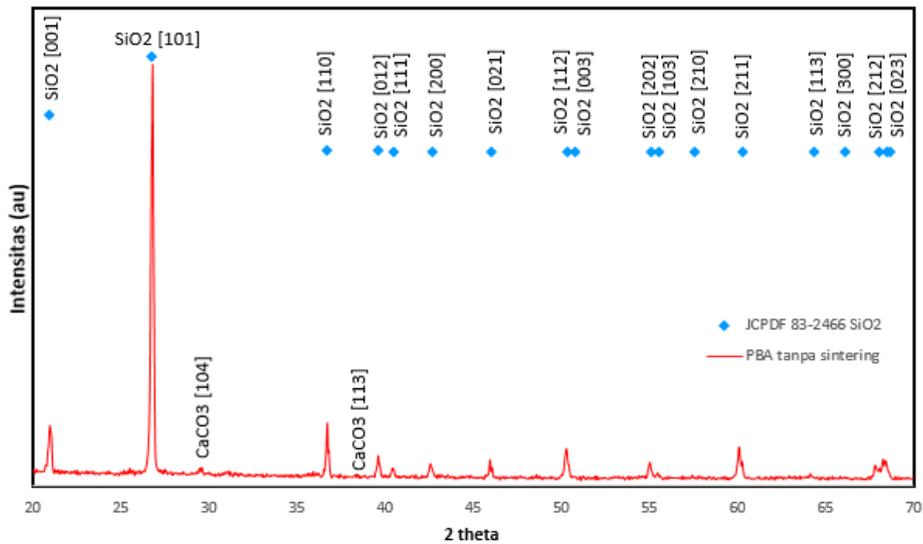
akan diganti dengan abu tandan sawit (PBA), Abu Pelelah Sawit (PFA) dan Abu Sekam Padi (RHA), hal tersebut bertujuan untuk memanfaatkan limbah lingkungan yang tidak termanfaatkan secara optimal menjadi sesuatu yang bernilai guna. Akan dilakukan analisis struktur terhadap ketiga limbah tersebut untuk melihat kelayakannya menjadi pozzolan sebagai bahan pencampur semen. Analisis ini akan dilakukan dengan *X-Ray Diffraction* dan *Scanning Electron Microscopy* dengan perlakuan tanpa sintering dan dengan sintering. Indikasi suatu bahan dapat dijadikan pozzolan diantaranya berstruktur amorf, memiliki kandungan yang mirip dengan kandungan kimia semen salah satunya SiO₂ yang tinggi (>90%), Walaupun memiliki kandungan SiO₂ yang tinggi tetapi tidak berstruktur amorf maka tidak dapat dijadikan pozzolan, namun struktur kristal tersebut dapat dirubah menjadi amorf dengan pemanasan pada suhu 700 – 900 °C [6]. Oleh karena itu pada penelitian ini ketiga jenis abu akan diberi perlakuan yang berbeda yaitu tanpa sintering dan disintering, tujuannya untuk melihat perubahan struktur Kristal menjadi amorf.

2. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini ketiga sampel abu yang digunakan yaitu PBA, PFA, RHA diambil di daerah mendalo kota jambi yang merupakan limbah buangan lingkungan. Ketiga sampel dilakukan pengovenan untuk menghilangkan kadar air selama 12 jam pada suhu 120 °C. Kemudian dilakukan pengayakan dengan ayakan 0,1 mm. Setelah di ayak masing-masing sampel dibagi menjadi dua bagian, dilakukan perlakuan berbeda pada masing-masing sampel yaitu tanpa sintering dan dengan sintering pada suhu 800 °C selama 4 jam guna melihat perubahan struktur abu akibat pemanasan. Pemanasan dengan suhu 700 - 900°C dapat merubah struktur kristal menjadi amorf [6]. Setelah itu dilakukan karakterisasi dan pengidentifikasian menggunakan *x-ray diffraction* (XRD) dan *Scanning Electron Microscopy* (SEM).

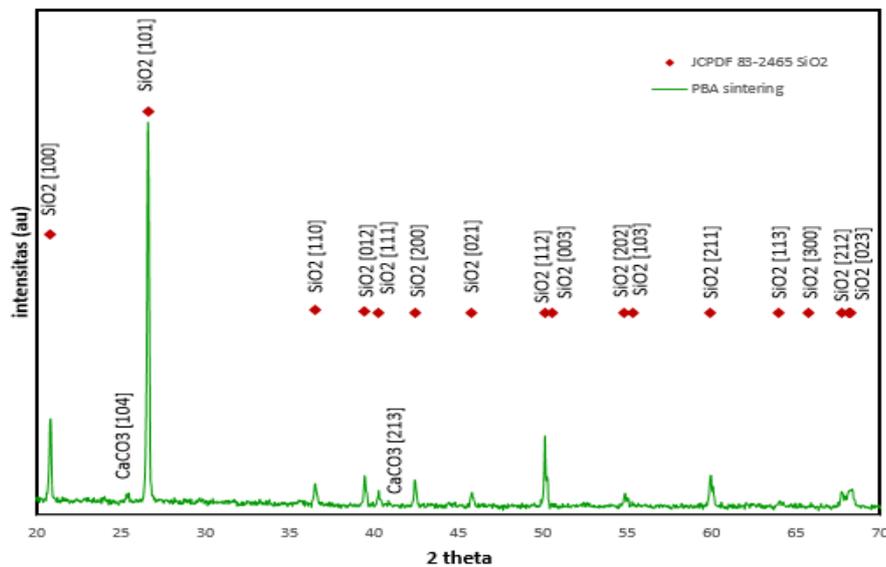
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada Gambar 1 terlihat pola difraksi PBA tanpa sintering. Tampak jelas pola difraksi menunjukkan sampel dominan mengandung SiO₂ (97%) dan terdapat dua puncak yang mengandung CaCO₃ (3 %).



Gambar 1. Pola difraksi PBA tanpa sintering

PBA tanpa sintering bersesuaian dengan data JCPDS No. 83-2466 untuk SiO₂, dengan struktur kristal hexagonal, parameter kisi a = 4,914 ; b = 4,914 dan c = 5,406. Puncak tertinggi berada pada 2-theta 26,79°, dengan bidang [101] dan ukuran kristal 647,29 Å. Sedangkan puncak yang teridentifikasi sebagai CaCO₃ bersesuaian dengan data JCPDS No. 72-1651, dengan struktur kristal rhombohedral, parameter kisi a = 4,991 ; b = 4,991 dan c = 16,97. Kedua puncak tersebut berada pada 2-theta 29,48° dan 39,42° dengan bidang [104] dan [113].

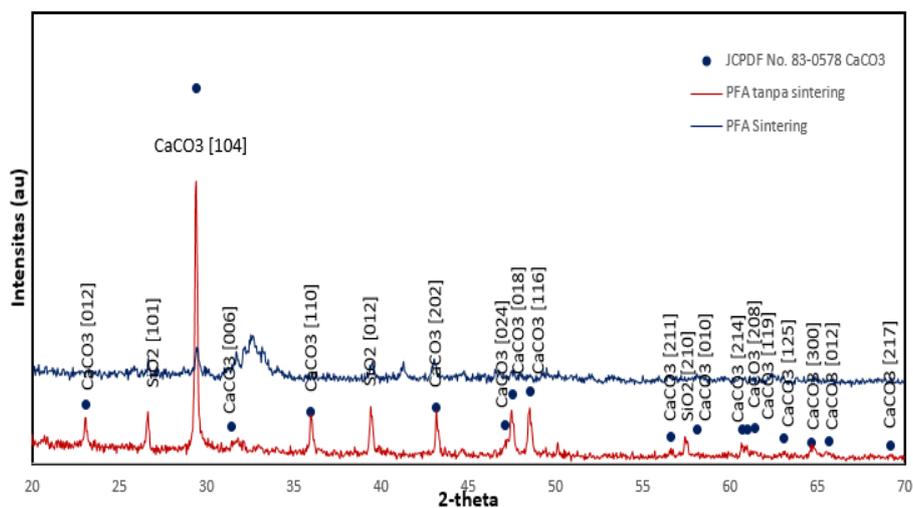


Gambar 2. Pola difraksi PBA dengan sintering

Gambar 2 menunjukkan pola difraksi PBA sintering. PBA sintering dominan mengandung SiO₂ (99 %), dan terdapat dua puncak yang mengandung CaCO₃ (1%). PBA sintering bersesuaian dengan data JCPDS No. 83-2465 untuk SiO₂, dengan struktur kristal hexagonal, dengan parameter kisi a = 4,914 ; b = 4,914 dan c = 5,406. Puncak

tertinggi berada pada 2-theta $26,63^\circ$, pada bidang [101] dengan ukuran kristal $674,67 \text{ \AA}$. Sedangkan dua puncak PBA sintering yang teridentifikasi sebagai CaCO_3 bersesuaian dengan data JCPDS No. 72-1616, dengan struktur kristal hexagonal, parameter kisi $a = 7,148$; $b = 7,148$ dan $c = 16,94$. Puncak tersebut berada pada 2-theta $25,9^\circ$ dan $41,26^\circ$ pada bidang [104] dan [213].

Jika dibandingkan PBA tanpa sintering dengan PBA sintering, tampak terjadi peningkatan kandungan SiO_2 menjadi 99%, tetapi suhu sintering 800°C tidak dapat merubah struktur PBA menjadi amorf. Meskipun PBA dominan mengandung SiO_2 , tetapi PBA tidak bersifat pozzolonic karena berstruktur kristalin. Bahan yang dapat dijadikan pozzolan hanya bahan yang mengandung SiO_2 lebih dari 90% dan berstruktur amorf.



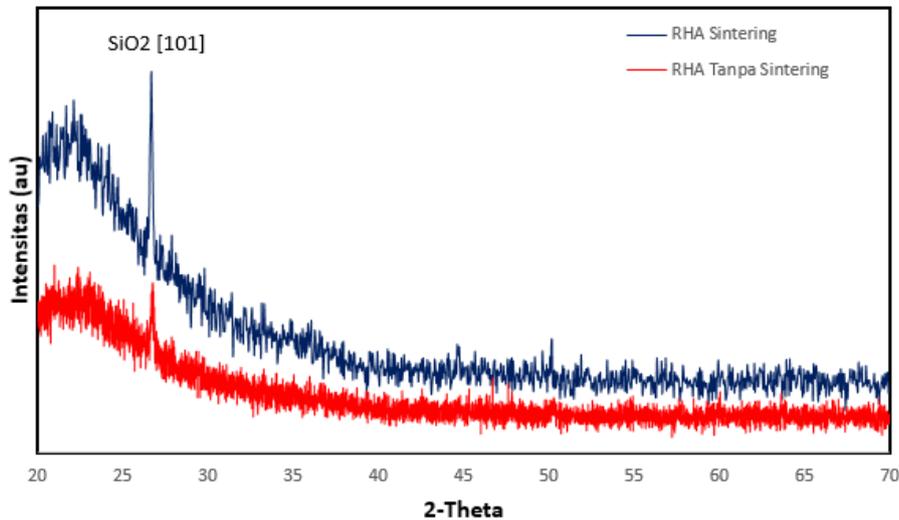
Gambar 3. Pola difraksi PFA sintering dan tanpa sintering

Pola difraksi PFA dengan perlakuan tanpa dan dengan sintering seperti yang terlihat pada Gambar 3, dimana PFA dengan sintering mengalami perubahan struktur ke amorf dengan ukuran kristal $56,13 \text{ \AA}$. Sedangkan untuk PFA tanpa sintering pola difraksi menunjukkan dominan mengandung CaCO_3 (90,9%) bersesuaian dengan data JCPDS No. 83-0578 dan teridentifikasi tiga puncak sebagai SiO_2 (9,1%) bersesuaian dengan data JCPDS No. 83-2465.

Puncak tertinggi dari pola difraksi PFA teridentifikasi sebagai CaCO_3 dengan struktur kristal rhombohedral dan parameter kisi $a = 4,988$, $b = 4,988$, $c = 17,05$ berada pada 2-theta $29,42^\circ$ dengan bidang [104] ukuran kristal $643,12 \text{ \AA}$, sedangkan tiga puncak yang teridentifikasi sebagai SiO_2 memiliki struktur kristal hexagonal dengan parameter kisi $a = 4,914$, $b = 4,914$ dan $c = 5,406$, berada pada 2-theta $26,66^\circ$, $39,49^\circ$, $57,26^\circ$ dengan bidang berturut-turut [101], [012] dan [210].

Kandungan CaCO_3 (90,9%) yang tinggi pada PFA mengidentifikasi bahwa PFA kurang baik jika di jadikan pozzolan sebagai pencampur semen, karena CaCO_3

yang di dihasilkan tidak akan bereaksi dengan kapur bebas ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) pada reaksi semen. Sedangkan kandungan SiO_2 pada PFA hanya 9,1% yang akan bereaksi dengan kapur bebas dan akan membentuk massa padat yang lemah karena kandungan SiO_2 yang sedikit.



Gambar 4. Pola difraksi RHA sintering dan tanpa sintering

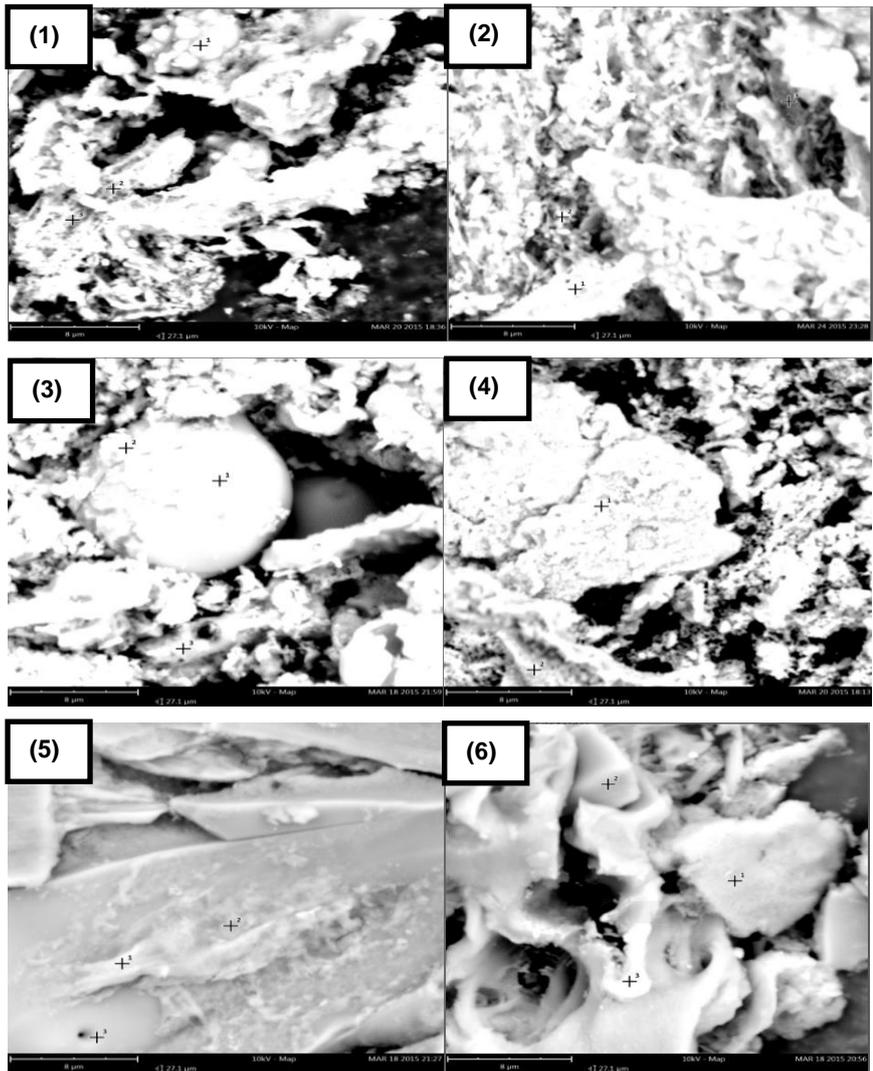
Pola difraksi RHA dengan perlakuan tanpa dan dengan sintering seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4, terlihat jelas keduanya memiliki struktur amorf SiO_2 (100%) dengan 2-theta $26,63^\circ$, $26,69^\circ$. Silika amorf lebih disukai sebagai bahan pozzolan pencampur semen dalam pembuatan beton [10]. Selain ukuran partikelnya lebih kecil, luas permukaan yang lebih besar, dan gaya ikat antar partikel lebih kuat, sehingga dapat meningkatkan kekuatan beton, selain itu silika dalam fasa amorf juga lebih mudah larut sehingga mendukung dalam pembuatan beton.

PBA, PFA dan RHA dengan perlakuan tanpa dan dengan sintering, selain terjadi pergeseran sudut dan perubahan struktur juga terjadi perubahan warna sebelum dan setelah di sintering. Dimana sebelum di sintering berwarna abu-abu, setelah di sintering menjadi coklat muda seperti yang terlihat pada Gambar 5. Ini menunjukkan carbon telah menguap akibat pembakaran pada suhu 800°C .



Gambar 5. Abu yang lolos ayakan 0,1 mm (1) PBA tanpa sintering ; (2) PBA sintering ; (3) PFA tanpa sintering ; (4) PFA sintering ; (5) RHA tanpa sintering ; (6) RHA sintering

Gambar 6 menunjukkan Mikrograph SEM PBA dan PFA tanpa dan dengan sintering berbentuk agregat-agregat bulat sedangkan RFA berbentuk lempengan pipih. Secara keseluruhan ketiga jenis abu terlihat dengan jelas bahwa permukaan sampel tidak merata dan terdiri dari gumpalan (*cluster*), yang mengindikasikan adanya ukuran partikel yang cukup beragam dengan distribusi yang tidak merata pada permukaan. Pemisahan antara gumpalan juga terlihat dengan cukup jelas, yakni dalam bentuk *micro-cracking* yang terdapat di antara *cluster*. Ukuran partikel PBA berada dalam range 7,78 – 15 μm dan 0,9 – 3,6 μm , PFA 8,06 – 21,08 μm dan 8,56 – 25,65 μm , RHA 13,5 – 108,3 μm dan 8,29 – 34,15 μm berturut-turut untuk sampel tanpa dan dengan sintering.



Gambar 6. Mikrograph dari SEM dengan perbesaran 10000 kali untuk sampel (1) PBA tanpa sintering ; (2) PBA sintering ; (3) PFA tanpa sintering ; (4) PFA sintering ; (5) RHA tanpa sintering ; (6) RHA sintering

4. KESIMPULAN

Ketiga jenis abu yang telah diidentifikasi yaitu PBA, PFA dan RHA, hanya RHA yang berpotensi di jadikan pozzolan karena mengandung SiO₂ (100%) yang tinggi dengan struktur amorf. Sedangkan PBA tidak bersifat pozzolonic meskipun mengandung SiO₂ (99%) yang tinggi karena bersifat kristalin. PBA tidak berubah menjadi amorf walaupun sudah di sintering pada suhu 800 °C. Bahan kristalin tidak dapat dijadikan pozzolan, bahan yang dapat dijadikan pozzolan hanya bahan yang berstruktur amorf. PFA tidak dapat di jadikan pozzolan karena dominan mengandung CaCO₃ (90,9%), SiO₂ hanya 9,1%. Bahan yang dijadikan pozzolan harus mengandung SiO₂ yang tinggi dengan struktur amorf yang dapat bereaksi dengan kapur bebas (Ca(OH)₂) sehingga membentuk massa padat yang kuat.

5. UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Universitas Jambi, khususnya Fakultas Sains dan Teknologi yang telah menyediakan fasilitas dalam penelitian ini.

6. PUSTAKA

- [1] Wuryati Samekto & Candra Rahmadiyanto. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Kanisius; 2001.
- [2] Bakri dan Baharuddin. Water Absorption Composite Rice Husk Ash Concrete with Rice Husk Ash Pozzolan Addition and Lime on Concrete Matrix (Absorpsi Air Komposit Beton Abu Sekam Padi dengan Penambahan Pozzolan Abu Sekam Padi dan Kapur pada Matriks Beton). *Jurnal Perennial*. 2009. 6(2) : 70-78.
- [3] Gunawan, Margaret. *Kontruksi Beton I*. Jakarta: Delta Teknik Group; 2001.
- [4] Kartika, Siska Ela. *Modifikasi Limbah Fly Ash sebagai Adsorben Zat Warna Tekstil Congo Red yang Ramah Lingkungan dalam Upaya Mengatasi Pencemaran Industri Batik Di Surakarta*. Surakarta: Penerbit Universitas Sebelas Maret; 2010.
- [5] Rony Ardiansyah. *Fly Ash "Pemanfaatan & Kegunaannya"*. Update 2010, Diakses 20 April 2015.
<https://ronymedia.wordpress.com/2010/05/26/fly-ash-pemanfaatan-kegunaannya/>
- [6] Wilson I D, Michael C, Colin F P, Edward R A. *Encyclopedia of Separation Science*. Academic Press; 2000. 118-119.
- [7] Khairul Lakum C, Journal. *Pemanfaatan Abu Sekam Padi Sebagai Campuran Peningkatan Kekuatan Beton*. Perpustakaan Universitas Sumatera Utara; 2010.
- [8] Dharma Putra. *Penambahan Abu Sekam Pada Beton dalam Mengantisipasi Kerusakan Akibat Magnesium Sulfat pada Air Laut*. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*. 2006 Vol. 10, No. 2 Juli 2006.
- [9] Tanti Kartika Sitorus. *Pengaruh Penambahan Silika Amorf Dari Sekam Padi Terhadap Sifat Mekanis Dan Sifat Fisis Mortar*. Skripsi Universitas Sumatera Utara: Medan; 2009.
- [10] Harsono, H. Preparation of Amorphous Silica from Rice Husk Ash Waste (Pembuatan Silika Amorf dari Limbah Abu Sekam Padi). *Jurnal ILMU DASAR*. 2002. 3 (2): 98 - 103.
- [11] Dharma Putra. *Penambahan Abu Sekam Pada Beton dalam Mengantisipasi Kerusakan Akibat Magnesium Sulfat pada Air Laut*. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil* Vol. 10, No. 2 Juli 2006.

- [12] Van Tuan et al. Hydration and Microstructure of Ultra High Performance Concrete Incorporating Rice Husk Ash. *Cement and Concrete Research*. 2011. 41(11), 1104–1111.
- [13] L. O. Ettu et al, Strength Of Binary Blended Cement Composites Containing Oil Palm Bunch Ash. *Department of Civil Engineering, Federal University of Technology, Owerri, Nigeria. International Journal of Engineering Science Invention ISSN (Online): 2319 – 6734, ISSN (Print): 2319 – 6726 www.ijesi.org Volume 2 Issue 4 || April. 2013 || PP.52-57*
- [14] L. O. Ettu et al. Strength of Ternary Blended Cement Concrete Containing Oil Palm Bunch Ash and Plantain Leaf Ash. *Department of Civil Engineering, Federal University of Technology, Owerri, Nigeria. International Journal of Computational Engineering Research||Vol, 03||Issue5||*
- [15] Ermiyati dkk. *Pemanfaatan Abu Kelapa Sawit Untuk Pembuatan Mortar Semen. Studi Kasus: Abu Kelapa Sawit Dari PT. Duta Palma Propinsi Riau. Universitas Riau.*
- [16] Obam, E. H. S. O. and Ogbo. Experimental Investigation of Palm Frond Ash as an Alternative to Portland Cement in Concrete. *Journal of Engineering and Energy Research*, Volume 3, Number 1, 2013.
- [17] L. O. Ettu,et al. Suitability of Nigerian Agricultural By-Products as Cement Replacement for Concrete Making, *International Journal of Modern Engineering Research (IJMER)*, Vol.3, Issue.2, March-April. 2013 pp-1180-11085.