

## Analisis Komposisi Bata Purba Di Candi Asem (TLJ V), Kompleks Percandian Batujaya, Indonesia

Muhamad Shafiq Mohd Ali, Zuliskandar Ramli  
& Bambang Budi Utomo

### Abstrak

---

Tujuan kajian ini dilakukan adalah untuk menentukan sama ada bata kuno yang terdapat di candi Asem menggunakan bahan binaan daripada sumber tempatan atau tidak. Candi Asem terletak dalam kawasan pertanian dan setelah dijalankan penggalian, terdapat runtuhannya permukaan bangunan dan beberapa bahagian kaki candi. Bahan binaan utama yang digunakan dalam pembinaan candi ini adalah bata. Analisis saintifik terhadap bata untuk binaan candi dapat menunjukkan bata diperbuat daripada bahan mentah tempatan. Analisis saintifik menggunakan kaedah sinar-X berpendarflour (XRF) dan pembelauan sinar-X (XRD) boleh menentukan kandungan kimia yang terdapat dalam bata, antara lain juga kandungan mineral dan juga unsur utama serta unsur surih bata juga dapat diketahui. Kandungan mineral yang terkandung dalam bata Candi Asem menunjukkan terdapat kehadiran mineral seperti kuartza, anorthite, andesine, albite dan labradorite yang boleh didapati daripada semua sampel. Mineral hematite juga boleh dilihat pada semua sampel kecuali CA2, CA7 dan CA12. Selain itu terdapat mineral seperti bytownite, kristobalite, andradite, spinel, anorthoclase, tremolite, rheonite, gismondine, opal dan juga klinopyroksin. Analisis unsur utama menunjukkan  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CeO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$  dan  $\text{SO}_3$  adalah seragam dalam kebanyakan sampel bata. Pengetahuan dalam unsur bata tersebut membolehkan diketahui sama ada bahan mentah tempatan digunakan dalam proses pembuatan bata. Penggunaan bahan mentah tempatan menunjukkan kebijaksanaan masyarakat tempatan dalam pembinaan candi.

---

**Kata kunci:** Candi Asem, sinar-X berpendarflour, sinar-X terbelau, bata purba, arkeometri.

### Abstract

---

The aim of this study is to determine whether the ancient bricks from Candi Asem are made from local raw material or otherwise. Candi Asem is located in a cultivation area and after excavation carried out, there are the ruins of the building and some of the temple base. The main construction materials used to build the temple consisted of bricks. Scientific analysis on the bricks shows that local raw material was used to produce these bricks. Scientific analysis using the X-ray fluorescence technique and X-ray diffraction technique can determine the chemical composition of the bricks, among others the mineral content of the bricks as well as the major element and trace element content. Mineral content in Candi Asem brick samples shows that mineral such as kuartza, anorthite, andesine, albite and labradorite exist in all samples. Hematite mineral also exist in all samples except samples CA2, CA7 and CA12. There is also traces of other mineral such as bytownite, kristobalite, andradite, spinel, anorthoclase, tremolite, rheonite, gismondine, opal and juga klinopyroksin. Analysis of major elements shows that  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CeO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$  dan  $\text{SO}_3$  contents are even in all samples. The usage of local

*raw material also demonstrated the local wisdom in temple construction technology and also the technique in producing bricks that had existed.*

---

**Keywords:** Asem Temple, x-ray fluorescence, x-ray diffraction, ancient bricks, archaeometry

## Pengenalan

Asem atau TLJ V terletak di koordinat 107°08'41"E dan 06°03'00"N. Tapak candi ini berkeluasan 90 X 50 m, tanahnya berteras dan berbentuk seperti bukit yang kecil berketinggian hampir 3 meter daripada permukaan tanah sawah di sekitarnya. Pada tahun 1989, Ditlinbinjarah dalam rangka kerja sama dengan Badan Koordinasi Survei dan Pemetaan Nasional (BAKOSURTANAL) dan Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada (UGM) telah melakukan tinjauan geolistrik dan pembukaan beberapa petak percubaan di tapak ini. Hasil daripada tinjauan ini didapati adanya sebuah struktur bangunan bata dengan kedudukan barat laut-tenggara. Daripada tinjauan ini juga mendapati terdapat bahagian tangga untuk menaiki bangunan candi yang terletak pada bahagian barat daya candi (Djafar 2010).

Pada tahun yang sama iaitu 1989, penelitian di tapak candi Asem diteruskan oleh kumpulan penyelidikan daripada Universitas Tarumanagara. Penelitian ini telah melakukan pendedahan pada seluruh bahagian atas bangunan dan penggalian secara mendalam di beberapa bahagian sisi kaki bangunan, sehinggalah dapat diketahui bentuk profil tapak candi dengan rangkanya. Pada bahagian atas bangunan candi dapat dilihat susunan bata berbentuk bulatan sepusat. Kesan bata-bata daripada runtuhannya bangunan candi juga dapat dilihat di sekitar tapak bangunan.

Dapat dilihat daripada sebahagian daripada bekas runtuhannya bangunan candi tersebut, terdapat bata melengkung dengan tepinya bertakik, yang diandaikan pecahan bahagian bangunan yang berbentuk stupa. Pada tahun 1992, penelitian di tapak ini disambung kembali oleh Jurusan Arkeologi Fakultas Sastra Universitas Indonesia dalam rangka kerja sama dengan Pusat Penelitian Arkeologi Nasional dan Himpunan Keramik Indonesia. Daripada penelitian ini, dapat diketahui bahawa sisa bangunan candi Asem ini berbentuk segi empat sama dengan ukuran 10 X 10 m dan memiliki dua buah tangga naik. Tangga naik ini berada pada sisi barat daya dan sebuah lagi terdapat di timur laut. Tangga naik yang terdapat di bahagian barat daya sebenarnya dibina kemudian setelah halaman di sekeliling candi ditinggikan dengan cara menimbunkan sekitar kawasan tersebut dengan tanah. Di atas tanah yang ditimbun inilah dibina tangga yang kedua di bahagian barat daya bangunan. Ketinggian timbunan tanah ini berketinggian hampir satu meter.

Dua periuk tanah liat yang berkeadaan sudah pecah, dan juga sekeping kepingan emas kecil berbentuk seperti kipas dijumpai semasa ekskavasi dilakukan pada bahagian kedua tangga tersebut. Pada permukaan kepingan emas ini tidak mempunyai sebarang tulisan. Pada beberapa bahagian dinding kaki bangunan Candi Asem ini ditemukan sisa-sisa lapisan stuko masih melekat pada permukaannya. Suatu hal yang paling penting untuk dinyatakan di sini adalah daripada sudut teknologi pembuatan bangunan candi di kawasan tapak percandian Batujaya ialah untuk pertama kalinya ditemukan bukti-bukti penggunaan lapisan stuko.

Oleh itu, objektif utama penyelidikan ini adalah untuk menentukan sama ada bata yang digunakan untuk pembinaan Candi Asem telah dibuat dengan menggunakan tanah liat tempatan atau sebaliknya. Bata merupakan bahan binaan utama yang digunakan dalam pembinaan Candi Asem dan salah satu kaedah yang boleh digunakan untuk mengetahui sama ada bahan mentah tempatan digunakan untuk membuat bata atau sebaliknya adalah dengan menentukan komposisi kimia bata-bata candi tersebut (Zuliskandar Ramli 2012; Zuliskandar Ramli et al. 2014). Kajian yang telah dilakukan sebelum ini terhadap bata purba menunjukkan bata candi telah dihasilkan daripada bahan mentah tempatan dan tidak menggunakan bahan daripada luar. Sebagai contoh, kajian yang telah dilakukan terhadap bata yang digunakan dalam pembinaan candi Sungai Mas (Tapak 32/34), Candi Bukit Pendiak (Tapak 17) dan Candi Pangkalan Bujang (Tapak 23) menunjukkan bahawa bahan mentah tempatan digunakan dalam pembuatan

bata candid an didapati daripada lembangan Sungai Muda, Sungai Bujang, Sungai Terus dan kawasan berhampiran serta sekitar tapak candi (Ramli et al. 2012; Zuliskandar et al. 2011).

**Kaedah & Bahan**

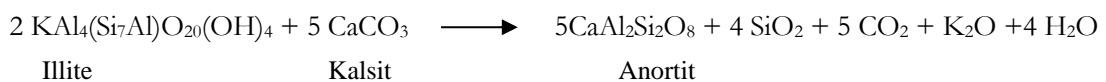
Kajian ini menggunakan pendekatan saintifik dalam penentuan kandungan mineral, unsur surih dan unsur utama bata yang digunakan dalam pembinaan Candi Asem untuk mengesahkan penggunaan bahan mentah tempatan atau tidak. Terdapat 15 pecahan batu bata kuno diambil daripada kawasan Candi Asem dan dimasukkan ke dalam beg plastik serta ditandakan mengikut kod CA bagi Candi Asem. Kesemua sampel dibawa ke makmal untuk rawatan sampel dimana setiap sampel dibersihkan menggunakan air dan kemudian dikeringkan pada suhu tetap 120°C selama 2 hari. Sampel ini kemudiannya dikisar sehingga menjadi serbuk halus dan dikeringkan sekali lagi pada suhu tetap 120°C selama 1 hari. Sampel-sampel ini kemudiannya dihantar untuk dianalisis dengan menggunakan dua teknik iaitu Teknik Pembelauan Sinar-X untuk menentukan kandungan mineral dalam sampel bata dan Teknik Sinar-X Berpendarflour untuk menentukan kandungan unsur utama. Data yang diperolehi kemudiannya akan dibandingkan dengan data analisis unsur tanah liat yang berada di sekitar Batujaya.

**Keputusan & Perbincangan**

Analisis kandungan unsur batu bata yang terdapat Candi Asem telah dilakukan untuk menentukan kandungan mineral, kandungan unsur surih dan unsur utama dalam bata kuno tersebut. Kandungan mineral, kandungan unsur surih dan unsur utama yang terdapat dalam bata dapat menentukan sama ada bahan mentah yang digunakan dalam pembuatan bata tersebut menggunakan bahan mentah tempatan atau sebaliknya. Oleh itu, analisis boleh menyokong hipotesis bahawa Candi Asem ini telah dibina oleh dengan menggunakan sumber bahan mentah tempatan.

Kandungan mineral yang didapati daripada bata Candi Asem menunjukkan terdapat kehadiran mineral seperti kuartza, anorthite, andesine, albite dan labradorite yang boleh didapati daripada semua sampel. Mineral hematite juga boleh dilihat pada semua sampel kecuali CA2, CA7 dan CA12. Selain itu terdapat mineral seperti bytownite, kristobalite, andradite, spinel, anorthoclase, tremolite, rheonite, gismondine, opal dan juga klinopyroksin.

Kuartza merupakan mineral yang biasa dijumpai dalam kebanyakan sampel tanah liat. Mineral anorthite dan juga hematit merupakan bukti bata ini dibakar pada suhu antara 850°C hingga 900°C. Mineral ini berasal daripada illite yang dibakar dengan suhu yang tinggi dalam keadaan sampel berkalsium tinggi(Cardiano et al. 2004). Kehadiran anorthite pada semua sampel menunjukkan kesemua sampel dibakar pada suhu 850°C hingga 900°C. Hematit juga meningkat dalam keadaan suhu yang semakin meningkat. Ini kerana ion Fe<sup>+</sup> dalam sampel terperangkap dalam struktur kalsium silikat dan aluminosilikat yang akan menjadi hematit jika suhu dipertingkatkan (Miniatis et al. 1982; Cultrone et al. 2005)



Kandungan mineral yang terdapat dalam sampel bata pada setiap sampel ditunjukkan dalam Jadual 1 seperti ditunjukkan di bawah.

Jadual 1 : Kandungan mineral batuan bata di Candi Asem

Lokasi	Sampel	Kandungan Mineral
Candi Asem	CA 1	Quartz - SiO <sub>2</sub> Anorthite, sodian, disordered – (Ca,Na)(Si,Al) <sub>4</sub> O <sub>8</sub> Andesine – Na <sub>0.685</sub> Ca <sub>0.347</sub> Al <sub>1.46</sub> Si <sub>2.54</sub> O <sub>8</sub>

Albite, disordered –  $\text{Na}(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_8$   
 Labradorite –  $\text{Ca}_{0.65}\text{Na}_{0.35}(\text{Al}_{1.65}\text{Si}_{2.35}\text{O}_8)$   
 Bytownite –  $\text{Ca}_{0.65}\text{Na}_{0.35}(\text{Al}_{1.65}\text{Si}_{2.35}\text{O}_8)$   
 Hematite –  $\text{Fe}_2\text{O}_3$

CA 2 Quartz, syn -  $\text{SiO}_2$   
 Anorthite, sodian, disordered –  $(\text{Ca},\text{Na})(\text{Si},\text{Al})_4\text{O}_8$   
 Andesine –  $\text{Na}_{0.685}\text{Ca}_{0.347}\text{Al}_{1.46}\text{Si}_{2.54}\text{O}_8$   
 Labradorite –  $\text{Ca}_{0.65}\text{Na}_{0.35}(\text{Al}_{1.65}\text{Si}_{2.35}\text{O}_8)$   
 Cristobalite, syn -  $\text{SiO}_2$   
 Albite, disordered –  $\text{Na}(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_8$   
 Andradite, syn –  $\text{Ca}_3\text{Fe}_2(\text{SiO}_4)_3$   
 Spinel, syn –  $\text{Al}_2\text{MgO}_4$

CA 3 Quartz, syn -  $\text{SiO}_2$   
 Albite high –  $\text{Na}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$   
 Labradorite –  $(\text{Na}_{0.5}\text{Ca}_{0.5})(\text{Al}_{1.5}\text{Si}_{2.5}\text{O}_8)$   
 Anorthite, sodian, disordered –  $(\text{Ca},\text{Na})(\text{Si},\text{Al})_4\text{O}_8$   
 Andesine –  $\text{Na}_{0.685}\text{Ca}_{0.347}\text{Al}_{1.46}\text{Si}_{2.54}\text{O}_8$   
 Anorthoclase -  $(\text{Na}_{0.85}\text{K}_{0.14})(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$   
 Hematite –  $\text{Fe}_2\text{O}_3$

CA 4 Quartz alpha -  $\text{SiO}_2$   
 Anorthite, ordered -  $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$   
 Albite high –  $\text{Na}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$   
 Labradorite –  $(\text{Na}_{0.68}\text{Ca}_{0.30})(\text{Al}_{1.66}\text{Si}_{2.34}\text{O}_8)$   
 Andesine –  $\text{Na}_{0.685}\text{Ca}_{0.347}\text{Al}_{1.46}\text{Si}_{2.54}\text{O}_8$   
 Hematite, syn –  $\text{Fe}_2\text{O}_3$

CA 5 Quartz, syn -  $\text{SiO}_2$   
 Anorthite, sodian, disordered –  $(\text{Ca},\text{Na})(\text{Si},\text{Al})_4\text{O}_8$   
 Andesine –  $\text{Na}_{0.499}\text{Ca}_{0.491}(\text{Al}_{1.488}\text{Si}_{2.50}\text{O}_8)$   
 Labradorite –  $(\text{Na}_{0.5}\text{Ca}_{0.5})(\text{Al}_{1.5}\text{Si}_{2.5}\text{O}_8)$   
 Albite, disordered –  $\text{Na}(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_8$   
 Cristobalite, syn -  $\text{SiO}_2$   
 Tremolite –  $\text{Ca}_2\text{Mg}_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$   
 Hematite, syn –  $\text{Fe}_2\text{O}_3$

CA 6 Quartz alpha -  $\text{SiO}_2$   
 Anorthite, sodian, disordered –  $(\text{Ca},\text{Na})(\text{Si},\text{Al})_4\text{O}_8$   
 Labradorite –  $(\text{Na}_{0.68}\text{Ca}_{0.30})(\text{Al}_{1.66}\text{Si}_{2.34}\text{O}_8)$   
 Albite high –  $\text{Na}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$   
 Andesine –  $\text{Na}_{0.499}\text{Ca}_{0.491}(\text{Al}_{1.488}\text{Si}_{2.50}\text{O}_8)$   
 Hematite, syn –  $\text{Fe}_2\text{O}_3$

CA 7 Quartz -  $\text{SiO}_2$   
 Anorthite, ordered -  $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$   
 Labradorite –  $(\text{Na}_{0.5}\text{Ca}_{0.5})(\text{Al}_{1.5}\text{Si}_{2.5}\text{O}_8)$   
 Andesine –  $\text{Na}_{0.685}\text{Ca}_{0.347}\text{Al}_{1.46}\text{Si}_{2.54}\text{O}_8$   
 Albite high –  $\text{Na}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$   
 Anorthoclase -  $(\text{Na}_{0.85}\text{K}_{0.14})(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$   
 Rhoenite –  $(\text{Mg}_4\text{Ti}_2)\text{Ca}_2(\text{Al}_4\text{Si}_2\text{O}_{20})$   
 Cristobalite, syn -  $\text{SiO}_2$   
 Bytownite –  $\text{Ca}_{0.85}\text{Na}_{0.14}\text{Al}_{1.83}\text{Si}_{2.16}\text{O}_8$

- CA 8 Quartz alpha -  $\text{SiO}_2$   
 Andesine –  $\text{Na}_{0.622}\text{Ca}_{0.368}\text{Al}_{1.29}\text{Si}_{2.71}\text{O}_8$   
 Labradorite –  $\text{Ca}_{0.65}\text{Na}_{0.32}(\text{Al}_{1.62}\text{Si}_{2.38}\text{O}_8)$   
 Anorthite, sodian, disordered –  $(\text{Ca},\text{Na})(\text{Si},\text{Al})_4\text{O}_8$   
 Gismondine –  $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$   
 Albite calcian low -  $(\text{Na}_{0.75}\text{Ca}_{0.25})\text{Al}_{1.26}\text{Si}_{2.74}\text{O}_8$   
 Albite high –  $\text{Na}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$   
 Anorthoclase -  $(\text{Na}_{0.75}\text{K}_{0.25})(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$   
 Hematite, syn –  $\text{Fe}_2\text{O}_3$
- CA 9 Anorthite, sodian, disordered –  $(\text{Ca},\text{Na})(\text{Si},\text{Al})_4\text{O}_8$   
 Andesine –  $\text{Na}_{0.499}\text{Ca}_{0.491}(\text{Al}_{1.488}\text{Si}_{2.50}\text{O}_8)$   
 Labradorite –  $\text{Ca}_{0.64}\text{Na}_{0.31}(\text{Al}_{1.775}\text{Si}_{2.775}\text{O}_8)$   
 Quartz, syn -  $\text{SiO}_2$   
 Albite, calcian, ordered –  $(\text{Na},\text{Ca})\text{Al}(\text{Si},\text{Al})_3\text{O}_8$   
 Anorthoclase -  $(\text{Na}_{0.75}\text{K}_{0.25})(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$   
 Hematite, syn –  $\text{Fe}_2\text{O}_3$   
 Cristobalite, syn -  $\text{SiO}_2$
- CA 10 Labradorite –  $\text{Ca}_{0.68}\text{Na}_{0.30}(\text{Al}_{1.66}\text{Si}_{2.34}\text{O}_8)$   
 Anorthite, sodian, disordered –  $(\text{Ca},\text{Na})(\text{Si},\text{Al})_4\text{O}_8$   
 Quartz, syn -  $\text{SiO}_2$   
 Andesine –  $\text{Na}_{0.685}\text{Ca}_{0.347}\text{Al}_{1.46}\text{Si}_{2.54}\text{O}_8$   
 Albite high –  $\text{Na}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$   
 Anorthoclase -  $(\text{Na}_{0.85}\text{K}_{0.14})(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$   
 Cristobalite, syn -  $\text{SiO}_2$   
 Opal –  $\text{SiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$   
 Hematite, syn –  $\text{Fe}_2\text{O}_3$
- CA 11 Quartz -  $\text{SiO}_2$   
 Anorthite, sodian, disordered –  $(\text{Ca},\text{Na})(\text{Si},\text{Al})_4\text{O}_8$   
 Andesine –  $\text{Na}_{0.622}\text{Ca}_{0.368}\text{Al}_{1.29}\text{Si}_{2.71}\text{O}_8$   
 Labradorite –  $(\text{Ca}_{0.64}\text{Na}_{0.31})(\text{Al}_{1.775}\text{Si}_{2.275})\text{O}_8$   
 Gismondine –  $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$   
 Albite, disordered –  $\text{Na}(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_8$   
 Bytownite –  $\text{Ca}_{0.85}\text{Na}_{0.14}\text{Al}_{1.83}\text{Si}_{2.16}\text{O}_8$   
 Cristobalite alpha, syn -  $\text{SiO}_2$   
 Hematite, syn –  $\text{Fe}_2\text{O}_3$
- CA 12 Quartz, syn -  $\text{SiO}_2$   
 Anorthite, sodian, intermediate -  $(\text{Ca},\text{Na})(\text{Si},\text{Al})_4\text{O}_8$   
 Andesine –  $\text{Na}_{0.499}\text{Ca}_{0.491}(\text{Al}_{1.488}\text{Si}_{2.506}\text{O}_8)$   
 Labradorite -  $\text{Ca}_{0.65}\text{Na}_{0.35}(\text{Al}_{1.65}\text{Si}_{2.35}\text{O}_8)$   
 Albite high –  $\text{Na}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$   
 Opal –  $\text{SiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$   
 Cristobalite alpha, syn -  $\text{SiO}_2$   
 Anorthoclase -  $(\text{Na}_{0.85}\text{K}_{0.14})(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$   
 Gismondine –  $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
- CA 13 Quartz -  $\text{SiO}_2$   
 Andesine -  $\text{Na}_{0.499}\text{Ca}_{0.491}(\text{Al}_{1.488}\text{Si}_{2.506}\text{O}_8)$   
 Anorthite, sodian, disordered –  $(\text{Ca},\text{Na})(\text{Si},\text{Al})_4\text{O}_8$

Labradorite –  $(Ca_{0.65}Na_{0.35})(Al_{1.65}Si_{2.35})O_8$   
 Albite, calcian, ordered –  $(Na,Ca)Al(Si,Al)_3O_8$   
 Albite, disordered –  $Na(Si_3Al)O_8$   
 Clinopyroxene –  $Ca_{0.91}Na_{0.05}Fe_{0.03}Mg_{0.01}(Mg_{0.90}Fe_{0.02}Al_{0.03})$   
 Hematite -  $Fe_2O_3$   
 Hematite -  $Fe_2O_3$

CA 14 Quartz, syn -  $SiO_2$   
 Anorthite, sodian, disordered –  $(Ca,Na)(Si,Al)_4O_8$   
 Andesine -  $Na_{0.499}Ca_{0.491}(Al_{1.488}Si_{2.506}O_8)$   
 Labradorite –  $(Ca_{0.65}Na_{0.35})(Al_{1.65}Si_{2.35})O_8$   
 Albite high –  $Na(AlSi_3O_8)$   
 Hematite -  $Fe_2O_3$

CD 15 Quartz, syn -  $SiO_2$   
 Anorthite, sodian, disordered –  $(Ca,Na)(Si,Al)_4O_8$   
 Andesine –  $Na_{0.685}Ca_{0.347}Al_{1.46}Si_{2.54}O_8$   
 Labradorite –  $(Ca_{0.65}Na_{0.35})(Al_{1.65}Si_{2.35})O_8$   
 Albite high –  $Na(AlSi_3O_8)$   
 Cristobalite, syn -  $SiO_2$   
 Gismondine –  $CaAl_2Si_2O_8 \cdot 4H_2O$   
 Hematite, syn –  $Fe_2O_3$

Bagi kandungan unsur utama dalam sampel bata purba daripada Candi Asem, peratusan kandungan unsur utama boleh dirujuk dalam Jadual 2 di bawah. Daripada jadual dapat dilihat sampel bata mengandungi peratusan berat kering bagi unsur silika antara 49.23 hingga 54.89%. Peratusan berat kering bagi titanium pula adalah daripada 0.91 hingga 1.12%. Peratusan berat kering bagi aluminium pula adalah daripada 16.28 hingga 19.70%. Kandungan berat kering bagi besi pula adalah dalam lingkungan 8.91 hingga 10.95%. Mangan pula mempunyai peratusan berat kering dalam lingkungan 0.10 hingga 0.29%. Bagi magnesium, peratusan berat kering adalah daripada 0.88 hingga 1.79% dan kalsium pula 1.92 hingga 2.67%. Peratusan kandungan berat kering bagi natrium dan kalium masing-masing berada dalam lingkungan 0.89 hingga 1.41% dan 0.81 hingga 1.20%. Bagi unsur fosforus dan sulfur, peratusan kandungan berat kering masing-masing dalam lingkungan 0.11 hingga 0.34% dan 0.03 hingga 0.06%.

Jadual 2: Kandungan unsur utama dalam bata purba di Candi Asem (%)

Formula	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>
CA 1	52.23	0.91	18.05	9.22	0.29	1.12	2.39	1.09	1.06	0.14	0.06
CA 2	51.33	0.98	17.46	9.91	0.11	1.79	2.27	1.13	1.07	0.13	0.05
CA 3	54.89	1.00	18.55	8.91	0.10	1.41	1.92	1.07	1.13	0.17	0.05
CA 4	51.02	1.04	18.27	9.42	0.11	0.88	2.12	0.86	1.00	0.16	0.06
CA 5	52.31	1.01	18.74	9.33	0.11	1.26	2.34	1.22	1.07	0.11	0.05
CA 6	49.23	1.04	16.99	10.55	0.11	1.70	2.60	1.26	1.14	0.13	0.04
CA 7	51.99	1.00	17.65	9.57	0.11	1.60	2.61	1.32	1.20	0.34	0.06
CA 8	52.93	1.03	19.70	9.66	0.13	1.68	1.93	0.95	0.87	0.11	0.04
CA 9	49.63	1.01	19.03	10.14	0.17	1.58	2.49	1.34	0.99	0.19	0.06
CA 10	50.63	1.02	16.28	9.74	0.12	1.56	2.35	1.15	1.16	0.15	0.04
CA 11	52.40	0.98	18.60	9.86	0.10	1.76	2.12	1.03	1.13	0.13	0.03
CA 12	49.29	1.12	16.57	10.95	0.19	1.60	2.52	1.18	0.81	0.13	0.03
CA 13	53.28	0.94	19.52	9.43	0.12	1.33	2.00	0.98	1.19	0.17	0.06
CA 14	53.22	0.98	18.16	9.54	0.16	1.77	2.67	1.41	1.15	0.23	0.04
CA 15	51.78	0.95	18.23	9.30	0.11	0.92	2.36	0.92	1.00	0.16	0.05

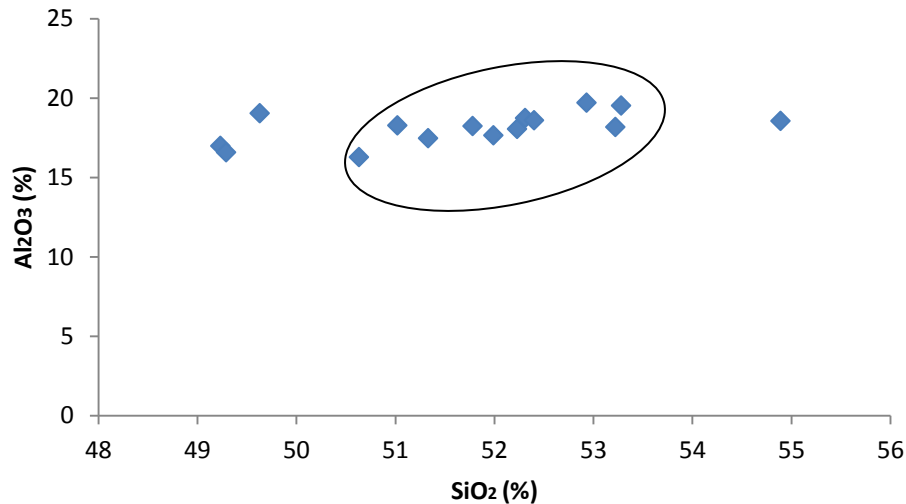
Kandungan unsur surih yang terdapat dalam sampel bata Candi Asem adalah seperti barium, kromium, kuprum, nikel, rubidium, strontium, tungsten, zink dan juga zirconium. Kandungan unsur surih setiap sampel bata pada Candi Asem boleh dilihat dalam Jadual 3 di bawah. Daripada jadual, dapat diperhatikan hanya nikel, zink dan zirconium sahaja yang hadir unsur surihnya dalam setiap sampel. Kandungan unsur barium dalam sampel bata adalah dalam lingkungan 0.02 hingga 0.08%. Bagi kromium pula kandungannya dalam lingkungan 45 ppm hingga 0.01%. Kuprum kandungannya berada dalam lingkungan 46 hingga 74 ppm. Kandungan nikel pula antara 29 hingga 67 ppm. Bagi rubidium dan strontium pula, kandungannya masing-masing adalah daripada 28 hingga 56 ppm dan 0.02 hingga 0.03%. Bagi zink dan zirconium pula, kandungannya masing-masing berada dalam lingkungan 0.01 hingga 0.02% dan 97 ppm hingga 0.03%. Bagi kandungan tungsten pula, kandungan unsur surihnya berada dalam lingkungan 0.02 hingga 0.07%.

Jadual 3: Kandungan unsur surih dalam bata purba di Candi Asem

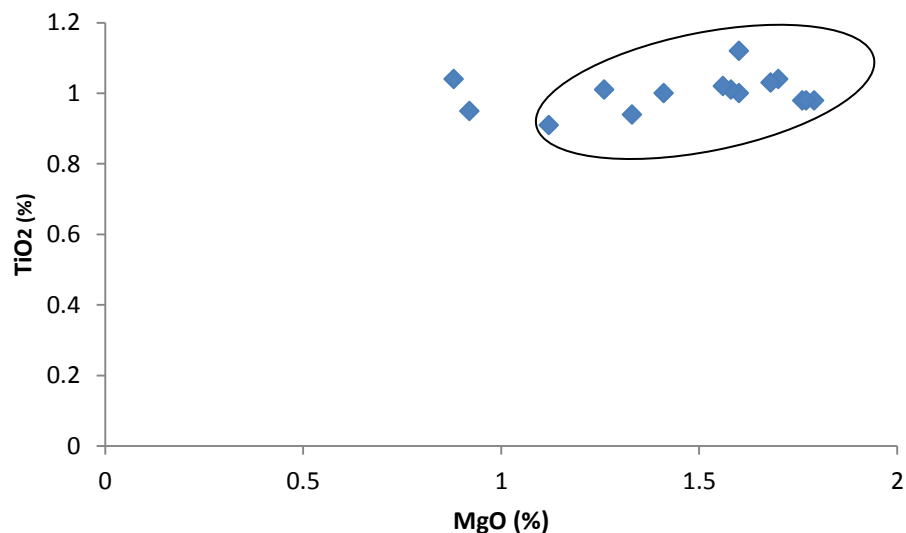
Formula	BaO	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CuO	NiO	Rb <sub>2</sub> O	SrO	WO <sub>3</sub>	ZnO	ZrO <sub>2</sub>
CA 1	0.06%	45 ppm	64 ppm	47 ppm	40 ppm	N.D	0.04%	0.02%	0.01%
CA 2	0.03%	82 ppm	66 ppm	43 ppm	52 ppm	0.02%	0.07%	0.01%	0.02%
CA 3	0.03%	92 ppm	68 ppm	43 ppm	52 ppm	0.02%	0.07%	0.01%	0.02%
CA 4	0.08%	N.D	70 ppm	49 ppm	33 ppm	0.02%	N.D	0.02%	0.01%
CA 5	0.05%	N.D	62 ppm	47 ppm	43 ppm	0.03%	N.D	0.01%	0.01%
CA 6	0.03%	N.D	71 ppm	41 ppm	56 ppm	0.02%	0.04%	0.02%	0.01%
CA 7	0.04%	95 ppm	46 ppm	41 ppm	34 ppm	0.02%	0.05%	0.02%	0.01%
CA 8	N.D	0.01%	55 ppm	51 ppm	28 ppm	0.02%	0.02%	0.02%	0.02%
CA 9	0.06%	N.D	72 ppm	50 ppm	37 ppm	0.02%	N.D	0.02%	0.01%
CA 10	N.D	0.01%	54 ppm	29 ppm	N.D	0.02%	0.04%	0.02%	0.01%
CA 11	N.D	N.D		61 ppm	55 ppm	0.02%	0.02%	0.02%	0.02%
CA 12	0.02 %	N.D	74 ppm	65 ppm	36 ppm	0.03%	0.03%	0.01%	0.02%
CA 13	0.04%	88 ppm	65 ppm	67 ppm	48 ppm	0.02%	0.02%	0.02%	0.01%
CA 14	N.D	N.D	63 ppm	67 ppm	34 ppm	0.02%	0.03%	0.01%	97 ppm
CA 15	0.07%	0.01%	68 ppm	41 ppm	39 ppm	0.02%	N.D	0.01%	0.01%

# N.D – not detected

Peratusan berat kering unsur SiO<sub>2</sub> dan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> bagi sampel bata Candi Asem ditunjukkan dalam Gambar 1. Kandungan silika dan aluminium menunjukkan bata mempunyai kandungan silika yang tinggi. Peratusan berat kering unsur MgO dan TiO<sub>2</sub> bagi sampel bata di Candi Asem dapat dilihat pada Rajah 2. Daripada gambar dapat dilihat pengelompokan taburan sampel dan ini menunjukkan penggunaan bahan asas daripada sumber yang sama dan kemungkinan sumber bahan mentah tempatan digunakan dalam pembuatan bata di candi Asem.



Rajah 1: Peratus berat kering unsur (%) SiO<sub>2</sub> dan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> bagi sampel bata di Candi Asem



Rajah 2: Peratusan berat kering unsur (%) MgO dan TiO<sub>2</sub> bagi sampel bata di Candi Asem

## Kesimpulan

Analisis kandungan unsur di dalam bata purba daripada Candi Asem, Batujaya menunjukkan kebanyakan sampel yang dianalisis menggunakan sumber bahan mentah yang sama. Beberapa mineral utama yang terdapat dalam bata mencadangkan bahan mentah diambil daripada tanah liat yang mempunyai campuran daripada tanah kawasan gunung berapi. Berdasarkan analisis unsur utama dan unsur surih, dapat ditunjukkan bahawa bahan mentah yang digunakan untuk membuat bata diambil daripada sumber yang sama. Ini boleh dicadangkan bahawa bahan mentah yang digunakan diambil daripada sumber tempatan dan boleh dicadangkan bahawa orang-orang tempatan turut mengambil bahagian dalam proses pembuatan bata ini yang digunakan dalam pembinaan Candi Asem.

## Penghargaan

Kajian awal ini dapat direalisasikan dengan adanya dana penyelidikan daripada Universiti Kebangsaan Malaysia dengan kod penyelidikan TD-2014-005 dan DPP-2015-068.



## Rujukan

- Cardiano, P., Ioppolo, S., Concetta de Stefano, Antonello Pettignano, Sergio Sergi & Pasquale Piraino. 2004. Study and characterization of the ancient bricks of monastery of San Filippo di Fragala in Frazzano (Sicily). *Analytica Chimica Acta* 519: 103-111.
- Cultrone, G., Sebastian, E., Elert, K., Jose de la T.M., Cazalla, O., Rodriguez-Navarro, C. 2004. Influence of mineralogy and firing temperature on the porosity of bricks. *Journal of the European Ceramic Society* 24: 547-564.
- Djafar, Hassan dkk. 1998. Penelitian Arkeologi di Situs Segaran II, Depok: Pusat Penelitian Kemasyarakatan dan Budaya, Lembaga Penelitian Universitas Indonesia.
- Djafar, Hasan. 2010. Kompleks Percandian Batujaya: Rekonstruksi Sejarah Kebudayaan Daerah Pantai Barat Utara Jawa Barat. Bandung. Penerbit Kiblat Buku Utama.
- Jurusan Arkeologi FSUI. 1985. Peninggalan Purbakala di Batujaya, Kerawang. Laporan Jurusan Arkeologi Fakultas Sastra Universitas Indonesia untuk Proyek Penelitian Purbakala Jakarta. (Tidak diterbitkan)
- Jurusan Arkeologi FSUI. 1986. Laporan Sementara Penggalian Purbakala di Desa Segaran, Kecamatan Batujaya, Kabupaten Karawang, Propinsi Jawa Barat (Tidak diterbitkan).
- Miniatis, Y., Simopoulos, A. and Kostikas, A. 1981. Moessbauer study of the effect of calcium content in iron oxide transformations in fired clays. *Journal American Ceramic Society* 64: 263-269.
- Ramli, Z., N.H.S.N.A. Rahman, A. Jusoh and M.Z. Hussein, 2012. Compositional analysis on ancient bricks from Candi Sungai Mas (Site 32/34), Bujang Valley, Kedah. *Am. J. Appl. Sci.*, 9: 196-201.
- Zuliskandar Ramli 2012. Proses Akulturasi Budaya India dan Transformasi Ilmu Masyarakat Melayu Kedah Tua Berdasarkan Data Arkeologi dan Kajian Saintifik. Tesis PhD. Universiti Kebangsaan Malaysia.
- Zuliskandar, R., H.S. Nik, A.R. Nik, L.S. Abdul, M.N. Suhaini and A.M. Mohd, 2011. Scientific analysis of ancient bricks at Bukit Pendi Temple (Site 17) and Pengkalan Nujang Temple (Site 23): A comparative study. *Res. J. Appl. Sci.*, 6: 473-478.
- Zuliskandar Ramli, Nik Hassan Shuhaimi Nik Abdul Rahman, Abdul Latif Samian, Muhammad Rizal Razman, Sharifah Zarini Syed Zakaria & Ahmad Rizal Mohd Yusof. 2014. Usage of Local Raw Material in the Construction of Candi Pengkalan Bujang (Site 18), Bujang Valley, Kedah. *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*. 7(9): 1779-1786.

Muhamad Shafiq MohdAli  
 Pegawai Sains  
 Institut Alam dan Tamadun Melayu  
 Universiti Kebangsaan Malaysia  
 Email: muhdshafiq@ukm.edu.my

Zuliskandar Ramli, Ph.D  
 Profesor Madya / Timbalan Pengarah  
 Institut Alam dan Tamadun Melayu  
 Universiti Kebangsaan Malaysia  
 Email: ziskandar@ukm.edu.my

Bambang Budi Utomo,  
 Peneliti Senior  
 Pusat Arkeologi Nasional  
 Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan  
 Jakarta Indonesia  
 Email: dapuntahyang@yahoo.com

Received : February 2016  
 Accepted : April 2016