

# FRAGMEN WADAH PELEBUR LOGAM (?) DARI SITUS BOYOLANGU, KABUPATEN TULUNGAGUNG, JAWA TIMUR

Ni Komang Ayu Astiti

## I. Pendahuluan

Pada masa perundagian di Indonesia teknologi berkembang sangat pesat dan munculah golongan masyarakat yang ahli dalam pekerjaan tertentu. Salah satu teknologi yang penting pada masa itu adalah ditemukannya teknologi peleburan, pencampuran, pencetakan dan penempaan jenis logam tertentu (Soejono 1977). Logam merupakan bahan tambang yang untuk memperolehnya tidak semudah bahan dari batu ataupun kayu. Hal ini disebabkan karena logam yang terdapat di alam masih dalam bentuk bijih-bijih logam yang merupakan kumpulan dari berbagai jenis mineral logam. Bijih-bijih logam ini tersimpan di dalam kerak bumi sehingga untuk mendapatkannya diperlukan proses penambangan terlebih dahulu. Untuk memperoleh suatu jenis unsur logam tertentu dari bijih logamnya diperlukan suatu proses pemisahan unsur logam yang dicari dari unsur-unsur lain yang menyertainya terlebih dahulu. Dengan melihat proses perolehan logam yang memerlukan ketrampilan khusus maka ketrampilan membuat peralatan seperti senjata atau berbagai jenis perhiasan dari logam merupakan perkembangan dari pengetahuan membuat alat-alat dan perhiasan dari tanah liat, batu, tulang atau bahan organik lainnya. Tanah liat dan batuan sangat mudah didapatkan di sekitar lingkungan tempat tinggal. Pengrajin mengolah dan membentuknya sesuai de-

*Fragmen Wadah Pelebur Logam (?) Dari Situs Boyolangu, Kabupaten Tulungagung,  
Jawa Timur (Ni Komang Ayu Astiti)*

ngan keinginan dan khusus untuk bahan dari tanah liat diperlukan proses pembakaran.

Wadah pelebur logam adalah jenis artefak yang jarang ditemukan dalam penelitian arkeologi jika dibandingkan dengan wadah dari tanah liat lainnya seperti berbagai jenis tembikar dengan bentuk dan fungsi yang bervariasi. Wadah pelebur logam ini adalah diskriptif untuk jenis artefak yang oleh penduduk disebut dengan kowi (sunda dan Jawa), musa (Bali dan Madura), serta tembika (Minangkabau). Pada situs perbengkelan dalam pembuatan alat-alat dari logam wadah ini biasanya digunakan sebagai tempat melebur campuran logam (Mundarjito 1980).

Pada penelitian ekskavasi Bidang Arkeologi Klasik Pusat Penelitian Arkeologi pada tahun 1998 di Situs Boyolangu, kurang lebih 800 meter di sebelah utara Candi Gayatri ditemukan benda dari tanah liat yang diperkirakan merupakan wadah pelebur logam. Benda ini ditemukan dalam bentuk fragmen dan dalam bentuk utuh, yang terbuat dari tanah liat, berdinding tebal (terutama jika dibandingkan dengan wadah dari tanah liat/tembikar dengan ukuran yang sama). Bentuk wadah ini silinderik seperti gelas atau cawan yang agak dalam serta mempunyai tutup, pada tepian wadah tidak terdapat saluran terbuka atau tempat pegangan. Wadah yang ditemukan di Situs Boyolangu ini berbeda bentuknya dengan wadah pelebur logam yang ditemukan pada penelitian arkeologi di Situs Banten pada tahun 1976 oleh tim gabungan antara Universitas Indonesia dengan Pusat Penelitian Purbakala. Perbedaan ini terutama terletak pada tepian wadahnya yang mempunyai sebuah saluran terbuka, sedangkan pada bagian yang bertentangan dengan aluran ini terdapat sebuah tonjolan berbentuk persegi panjang atau membulat. Wadah pelebur logam yang ditemukan

di situs Boyolangu ini mempunyai persamaan dengan wadah pelebur logam masa kini yang digunakan pada perbengkelan di Pancasan, Kotamadya Bogor. Data ini diperoleh dari hasil studi yang merupakan kerjasama antara Pusat Penelitian Purbakala dan Peninggalan Nasional dalam Proyek Penggalian Purbakala yang sekarang menjadi Pusat Penelitian Arkeologi dengan Fakultas Sastra Universitas Indonesia pada tahun 1976. Bengkel ini merupakan bengkel kerja pembuatan gong dan alat gamelan dan wadah pelebur logam yang digunakan tidak ditemukan adanya saluran terbuka serta tempat pegangan (Mundarjito 1980).

Di sekitar candi juga banyak ditemukan struktur pondasi dari bata yang merupakan sisa-sisa pemukiman. Lokasi tempat penemuan wadah pelebur logam ini diperkirakan merupakan tempat perbengkelan dan pengolahan alat-alat dari logam atau berbagai jenis perhiasan baik untuk keperluan sehari-hari maupun keperluan upacara keagamaan pada masa itu. Hal ini diperkuat karena puncak dari seni menempa logam terjadi pada abad IV hingga abad VI dan dilakukan di istana-istana raja Hindu (Maggie D.M et all 1999).

Dalam pembuatan benda-benda perhiasan atau alat-alat upacara yang terbuat dari logam biasanya pandai logam bekerja tetap pada rajanya dan jabatan tersebut diwariskan pada anak mereka secara turun temurun (Maggie D.M et all 1999). Raja-raja atau sultan-sultan Hindu yang memiliki begitu besar kekuasaan dan kehormatan dapat mempekerjakan pandai-pandai logam ini. Para pandai logam tersebut dapat melakukan perintah tuannya untuk membuat perhiasan atau alat-alat upacara tertentu sesuai dengan pesanan. Daerah tempat ditemukan persebaran fragmen atau wadah pelebur logam ini berdekatan dengan Candi Gayatri yang merupakan bekas kerajaan

masa klasik. Di daerah Jawa Timur banyak ditemukan peninggalan masa klasik berupa candi yang menggunakan bata merah sebagai unsur utama bangunan. Candi Gayatri merupakan salah satu candi yang sebagian besar bahan penyusunnya dari bata merah di samping bahan-bahan lain seperti pada bagian-bagian tertentu yang menggunakan batu andesit. Selain bata juga ditemukan tembikar dengan bentuk dan ukuran tertentu. Dengan melihat besarnya pemanfaatan tanah liat pada masa klasik di Jawa Timur khususnya pada Situs di Desa Boyolangu ini maka penulis ingin mengetahui apakah dalam pembuatan wadah pelebur logam yang ditemukan di sekitar situs ini menggunakan jenis tanah liat yang khusus atau menggunakan bahan temper tersendiri. Bagaimana kualitas tanah liat yang dipergunakan untuk wadah pelebur logam ini jika dibandingkan dengan kualitas tanah liat yang digunakan dalam pembuatan bata pada pembangunan Candi Gayatri ini serta struktur pondasi yang ditemukan di sekitar candi. Hal ini disebabkan karena tanah liat yang berkualitas baik sangat diperlukan dalam pembuatan kowi dengan alasan bahwa kowi atau wadah pelebur logam ini akan mengalami pemanasan pada suhu sangat tinggi sesuai dengan tingginya titik lebur logam yang dilebur. Analisis ini juga dilakukan karena ada beberapa anggapan bahwa tanah liat untuk membuat bata adalah tanah liat dengan kualitas yang lebih rendah jika dibandingkan dengan tanah liat yang dipergunakan dalam pembuatan beberapa jenis tembikar. Pengambilan sampel bata baik pada Candi Gayatri maupun bangunan lain dilakukan pada bagian pondasi, hal ini didasarkan pada anggapan bahwa pada bagian pondasi biasanya menggunakan bahan dengan kualitas yang lebih tinggi. Benda-benda yang terbuat dari tanah liat walaupun telah mengalami proses pembakaran maka komposisi unsur kimianya akan

tetap serta mempunyai sifat-sifat fisik tertentu akibat proses kimia yang terjadi pada saat dilakukan proses pengeringan maupun pembakaran.

## II. Proses Peleburan Logam

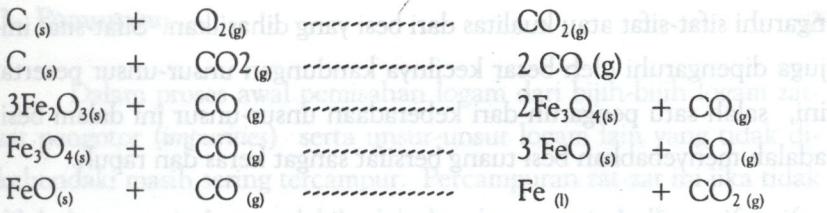
Aspek-aspek teknologi masa lampau dapat diungkapkan melalui benda-benda yang ditinggalkan manusia baik benda-benda dari tanah liat bakar, batu, maupun dari logam. Ketiga jenis bahan ini merupakan senyawa anorganik sehingga lebih tahan lama di alam terbuka jika dibandingkan dengan bahan dari senyawa organik. Dari ketiga kelompok bahan pembuatan artefak tersebut, pembuatan alat dari bahan logam merupakan proses teknologi yang lebih panjang dan rumit. Di Indonesia logam besi (Fe), tembaga (Cu) serta perunggu yang merupakan campuran antara logam tembaga dengan timah putih (Cu + Sn) merupakan logam yang paling dini dipergunakan. Teknologi pengolahan besi memperlihatkan teknik asli pada daerah setempat, sedangkan pengolahan tembaga tampak jelas adanya pengaruh dari India. Sebagian besar benda-benda logam masa lalu seperti gong, kapak, alat-alat dapur, patung, senjata, dan perhiasan lainnya di buat dari bahan perunggu. Benda-benda logam yang diperoleh dari hasil penggalian (ekskavasi) di berbagai tempat di Indonesia di buat dengan teknik tuang (cor). Proses pengolahan bijih logam sampai menjadi logamnya (proses pembuatan logam dari bijihnya) disebut dengan proses *metalurgi*. Secara garis besar proses metalurgi berlangsung dalam tiga tahap yaitu (Anshory Irfan 1987):

Fragmen Wadah Pelebur Logam (?) Dari Situs Boyolangu, Kabupaten Tuluangung, Jawa Timur (Ni Komang Ayu Astiti)

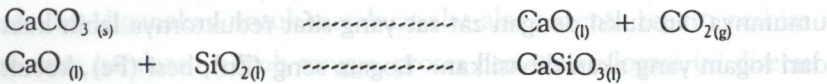
## 1. Proses Pengolahan Awal

Pemisahan bagian logam dari zat-zat yang tidak dikehendaki yang terdapat dalam bijih logamnya mempunyai cara yang bermacam-macam tergantung dari sifat-sifat unsur logam yang akan dipisahkan. Salah satu cara yang sering dilakukan adalah dengan cara pengapungan (*flotasi*). Bijih logam yang didapat dari alam dihancurkan sampai menjadi serbuk dalam bentuk halus, kemudian dimasukkan dalam campuran air dan minyak. Air dan minyak merupakan dua larutan yang mempunyai berat jenis yang berbeda sehingga walaupun dicampur maka kedua larutan ini akan terpisah. Serbuk bijih logam yang telah dihaluskan jika dimasukkan ke dalam larutan ini maka akan terjadi pemisahan antara unsur logam dengan zat-zat pengotorannya. Unsur-unsur logam akan diselaputi oleh minyak dan mengapung serta zat-zat yang tidak dikehendaki (*kerak*) akan terbawa oleh air, hal ini terjadi karena minyak dengan unsur-unsur logam mempunyai berat jenis yang lebih kecil jika dibandingkan dengan berat jenis air dan zat-zat pengotor lainnya. Pada kedua larutan ini kemudian aliran udara ditiupkan kedalamnya untuk memisahkan kedua larutan tadi sehingga mineral logam diselaputi minyak tadi di bawa ke permukaan oleh gelembung-gelembung udara. Hal ini menyebabkan pada bagian permukaan akan terkumpul cairan dan buih-buih yang mengandung mineral logam, sedangkan zat-zat pengotor akan diendapkan pada dasar wadah.

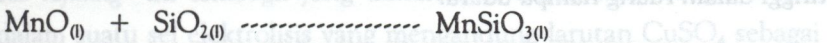
Salah satu cara untuk memperoleh unsur atau logam besi (Fe) dari mineralnya adalah dengan metode ekstraksi, cara ini dengan mereduksi bijih besi menggunakan karbon (C) dan karbon monoksida (CO), reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Apabila bijih logam mengandung kotoran yang bersifat asam ( $\text{SiO}_2$ ) maka ke dalam larutan ditambahkan batu kapur ( $\text{CaCO}_3$ ) sehingga berlangsung reaksi sebagai berikut:



Tetapi jika bijih besi mengandung kotoran yang bersifat basa ( $\text{CaCO}_3$  atau  $\text{MnO}$ ) maka ke dalam larutan ditambahkan pasir ( $\text{SiO}_2$ ), sehingga terjadi reaksi :



Kotoran ini akan dipisahkan berdasarkan perbedaan berat jenisnya, cairan yang mengandung berat jenis lebih kecil akan terapung sedangkan cairan yang mempunyai berat jenis lebih besar akan berada pada bagian bawah. Cairan yang banyak mengandung zat-zat pengotor sering disebut dengan kerak besi sedangkan besi cair yang terbentuk kemudian di cetak sesuai dengan yang diinginkan oleh pengrajin di sebut dengan besi tuang. Besi tuang ini masih banyak mengandung unsur-unsur lain selain unsur besi (Fe) seperti unsur karbon (C), silika (Si), mangan (Mn), pospor (P) dan sulfur (S). Keberadaan unsur-unsur ini dalam besi tuang akan sangat mempe-

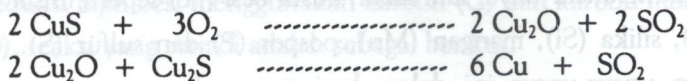
ngaruhi sifat-sifat atau kualitas dari besi yang dihasilkan. Sifat-sifat ini juga dipengaruhi oleh besar kecilnya kandungan unsur-unsur peserta ini, salah satu pengaruh dari keberadaan unsur-unsur ini dalam besi adalah menyebabkan besi tuang bersifat sangat keras dan rapuh.

## 2. Proses Reduksi

Dalam bentuk senyawanya logam-logam senantiasa berada dalam tingkat oksidasi yang positif, jadi senyawa tersebut harus direduksi untuk mendapatkan unsur logamnya. Oksida-oksida logam transisi umumnya direduksi dengan zat-zat yang sifat reduktornya lebih kuat dari logam yang akan dihasilkan. Logam seng (Zn), besi (Fe), kobalt (Co), dan nikel (Ni) memiliki harga energi potensial ( $E^\circ$ ) yang tidak terlalu negatif. Oksidasinya cukup direduksi dengan karbon yang sangat murah dan mudah di dapat. Karbon yang dipakai ialah jenis kokas yaitu karbon yang diperoleh dari pemanasan batu bara pada suhu tinggi dalam ruang hampa udara.



Logam tembaga (Cu) mempunyai energi potensial ( $E^\circ$ ) yang positif (+ 34 volt), hal ini menyebabkan senyawa-senyawa tembaga mudah direduksi menjadi logamnya. Reduksi terhadap bijih tembaga sulfida (CuS) cukup dengan cara pemanggangan dan yang bertindak sebagai reduktor ialah ion sulfida yang terdapat dalam bijih itu sendiri.





### 3. Pemurnian

Dalam proses awal pemisahan logam dari bijih-bijih logam zat-zat pengotor (*impurities*) serta unsur-unsur logam lain yang tidak dikehendaki masih sering tercampur. Percampuran zat-zat ini jika tidak dilakukan pemisahan terlebih dahulu akan menimbulkan sifat-sifat yang kurang diinginkan pada logam yang dihasilkan. Sifat-sifat ini seperti mudah mengalami oksidasi, daya hantar listriknya berkurang atau kekerasannya tidak seperti yang diharapkan. Hal ini menyebabkan logam hasil pengolahan awal perlu dimurnikan terlebih dahulu sebelum digunakan untuk membuat alat-alat tertentu seperti perhiasan atau peralatan rumah tangga, proses pemurnian logam ini disebut dengan istilah *refining*. Logam tembaga biasanya dimurnikan dengan cara elektronisis, ketika logam ini dipisahkan dari bijihnya kemurnian tembaga biasanya mencapai 99% dan sisanya adalah campuran besi (Fe), seng (Zn), perak (Ag), emas (Au) dan platina (Pt). Dalam proses *refining* ini tembaga yang dimurnikan digunakan sebagai anoda dalam suatu sel elektrolisis yang mengandung larutan  $\text{CuSO}_4$  sebagai larutan elektrolit, katoda dalam sel ini dibuat dari tembaga yang murni.

### III. Beberapa Sifat Wadah Pelebur Logam (Kowi)

Tanah liat yang diolah baik menggunakan berbagai macam temper seperti pasir dan kerang dengan perbandingan tertentu ataupun tidak, kemudian dibentuk dan dikeringkan maka bentuk dari tanah liat ini tidak akan dapat bertahan lama. Benda dari tanah liat ini akan mudah pecah jika terkena pengaruh lingkungan, baik karena faktor manusia (pecah) maupun karena faktor alam seperti terkena

air hujan dan panas matahari. Benda dari tanah liat ini jika terkena air atau terpendam di dalam tanah dalam jangka waktu tertentu akan cepat hancur dan melebur kembali menjadi tanah pembentuknya, begitu juga dengan warna dari benda ini belum ada perubahan sehingga jika melebur kembali akan kembali ke warna aslinya. Benda-benda yang dibentuk dari tanah liat ini telah mengalami proses pembakaran maka sifat-sifat tanah liat ini menjadi hilang dan muncul sifat-sifat yang baru. Benda-benda dari tanah liat ini mempunyai sifat-sifat yang tahan lama walaupun terkena pengaruh lingkungan baik air hujan maupun faktor-faktor lain yang terdapat di dalam tanah. Sifat kimia yang paling khas dimiliki oleh benda dari tanah liat yang telah mengalami pembakaran yaitu terjadi perubahan warna dari warna aslinya. Di samping itu benda ini juga tidak mudah pecah dan sangat sulit melebur kembali atau mengalami proses pelapukan menjadi tanah asalnya.

Melihat perbedaan sifat-sifat benda dari tanah liat ini maka kowi dan fragmennya yang ditemukan di Situs Boyolangu ini berasal dari tanah liat yang sudah mengalami proses pembakaran atau paling tidak telah menerima panas dari luar sehingga unsur-unsur yang terdapat di dalam tanah penyusunnya telah mengalami berbagai macam proses seperti proses hidratisasi, oksidasi, reduksi dan vitrifikasi. Dalam kasus wadah pelebur logam ini maka mungkin saja pengrajinnya tidak melakukan pembakaran langsung terhadap wadah-wadah ini melainkan dapat berasal dari aliran panas yang berasal dari leburan logam yang dituangkan ke dalamnya. Hal ini dapat terjadi karena energi (panas) akan mengalir sama seperti sifat air yaitu dari benda yang mempunyai energi lebih tinggi menuju ke tempat energi yang lebih rendah sampai terjadi kesetimbangan energi. Dengan demikian

maka fragmen wadah pelebur logam ini akan mempunyai sifat-sifat yang sama dengan sifat-sifat dari benda tanah liat lainnya yang telah mengalami proses pembakaran seperti berbagai macam tembikar dan keramik. Adapun beberapa sifat fisik dari tanah liat bakar adalah sebagai berikut:

1. Porositas adalah salah satu sifat dasar dari tembikar dan ini menentukan daya hisap tembikar terhadap air melalui kegiatan kapiler. Porositas dari gerabah diukur melalui perbandingan antara volume ruang kosong di dalam dinding gerabah tersebut. Di dalam tanah liat, ruangan antara butiran tanah dengan partikel lainnya dipenuhi oleh air-air kristal.
2. Serapan air, merupakan besarnya prosentase berat air yang dapat di serap pori terhadap berat kering benda pada suhu  $105^{\circ}\text{C}$  -  $110^{\circ}\text{C}$  atau dapat dikatakan bahwa penyerapan air adalah selisih berat benda sebelum dan sesudah dipanaskan dibagi dengan berat sebelum dipanaskan dikalikan 100 %.
3. Kekerasan gerabah biasanya ditentukan dengan skala Mohs. Gerabah yang mempunyai kekerasan tinggi biasanya juga mempunyai daya guna yang lebih tinggi pula. Penentuan kekerasan gerabah dengan skala Mohs ini dengan cara membandingkan kekuatan mineral yang terdapat dalam daftar skala Mohs dengan cara menggosokkan pada benda uji.
4. Berat jenis yaitu perbandingan berat antara sebuah benda dan air yang memiliki volume sama, bahan baku gerabah dari mineral tanah memiliki berat jenis yang berbeda-beda. Ketidakmurnian pada tanah liat umumnya menyebabkan berat jenis berkembang melampaui ukuran perbandingan yang agak besar (kaolinit 2,67; montmorillonit 2,35, magnetit 5,2).

*Fragmen Wadah Pelebur Logam (?) Dari Situs Boyolangu, Kabupaten Tuluwangung, Jawa Timur (Ni Komang Ayu Astiti)*

5. Warna fragmen tanah liat yang menerima panas (pembakaran) akan berubah warna sesuai dengan kandungan unsur-unsur kimia di dalamnya.

Tanah yang mengandung unsur besi (Fe) tinggi biasanya menjadi warna merah/cerah. Sedangkan jika kandungan kalsium (Ca) yang dominan akan menyebabkan warna putih atau abu-abu. Sedangkan unsur silika (Si) dapat kita jumpai berupa butiran-butiran kaca (putih) yang mengkilap tetapi jika sudah meleleh dia akan menjadi perekat antar unsur yang terdapat dalam gerabah.

#### IV. Analisis dan Pembahasan

##### A. Metode Analisis

Wadah pelebur logam yang ditemukan di Situs Boyolangu ini merupakan wadah yang terbuat dari tanah liat, sehingga wadah ini akan mempunyai sifat-sifat yang hampir sama dengan artefak-artefak yang terbuat dari tanah liat lainnya yang ditemukan di sekitar situs ini. Sebagai bahan pembanding dalam analisis ini menggunakan sampel bata yang di ambil pada bagian pondasi Candi Gayatri. Selain sampel bata dari pondasi candi sebagai bahan pembanding lainnya adalah fragmen bata yang diambil dari tempat ditemukannya tumpukan kowi dan fragmen-fragmennya serta struktur pondasi yang ditemukan di sekitar candi .

Untuk mengetahui kualitas dari artefak tanah liat ini menggunakan beberapa analisis sifat-sifat fisik yang meliputi: analisis porositas, serapan air dan perhitungan berat jenis. Jenis analisis sini menggunakan metode penetrasi dengan air dingin (suhu kamar) sela-

ma 24 jam, setelah selesai melakukan penetrasi kemudian dilanjutkan dengan penimbangan secara hydrostatis. Selain menggunakan analisis sifat-sifat fisik untuk mengetahui tinggi rendahnya kualitas artefak tanah liat bakar dilakukan analisis unsur-unsur kimia penyusun dari tanah liat penyusunnya. Pada analisis fragmen kowi ini hanya dilakukan analisis unsur silikat dalam bentuk  $\text{SiO}_2$  serta besar kecilnya kandungan LOI (uji hilang bakar). Analisis unsur hanya dilakukan pada unsur silikat saja, hal ini disebabkan karena unsur silikat merupakan unsur utama penyusun dari tanah liat, sedangkan unsur-unsur lainnya hanya terdapat dalam jumlah kecil. Perhitungan besarnya unsur silikat dalam sampel kowi dan bata merah ini menggunakan metode gravimetri yaitu analisis yang berdasarkan perhitungan berat  $\text{SiO}_2$  setelah dilakukan pemisahan dengan unsur-unsur lainnya yang terdapat bersama-sama dalam sampel. Pemisahan ini dilakukan dengan cara melarutkan unsur-unsur lainnya ini dengan menggunakan larutan kimia ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{HCl}$ ) sehingga yang tersisa hanya unsur silikat dalam bentuk endapan. Endapan ini kemudian di saring menggunakan kertas saring Whatmen No. 40, hasil saringan ini kemudian dibakar (dipijarkan) dalam *mufla furnace* dengan suhu  $900^\circ\text{C}$ . Endapan ini kemudian didinginkan dalam eksikator dan setelah dingin ditimbang dalam bentuk  $\text{SiO}_2$ . Besarnya kandungan silikat ini kemudian di hitung dengan membandingkan antara berat awal berat dengan berat hasil pembakaran. Sedangkan uji hilang bakar dilakukan dengan cara memijarkan sampel yang telah diketahui beratnya dalam *mufla furnace* dengan suhu  $900^\circ\text{C}$  selama kurang lebih 2 jam.

TABEL 1. HASIL ANALISIS SIFAT-SIFAT FISIK DAN KANDUNGAN SILIKAT SAMPEL BATA

| No. | Porositas | Serapan Air | Berat Jenis            | SiO <sub>2</sub> | LOI   |
|-----|-----------|-------------|------------------------|------------------|-------|
| 1.  | 36,3 %    | 19,5 %      | 2,4 gr/cm <sup>3</sup> | 76 %             | 2,4 % |
| 2.  | 39,9 %    | 22,8 %      | 2,3 gr/cm <sup>3</sup> | 78 %             | 7,3 % |
| 3.  | 26,2 %    | 15,8 %      | 2,3 gr/cm <sup>3</sup> | 58 %             | 5,6 % |
| 4.  | 29,8 %    | 16,9 %      | 2,1 gr/cm <sup>3</sup> | 46 %             | 9,7 % |

Keterangan Tabel:

1. Bagian pondasi Candi Gayatri
2. Bagian badan Candi Gayatri
3. Tempat Temuan Kowi
4. Struktur bata di Sekitar Candi

TABEL 2. HASIL ANALISIS SIFAT-SIFAT FISIK DAN KANDUNGAN SILIKAT SAMPEL KOWI

| No. | Porositas | Serapan air | Berat Jenis            | SiO <sub>2</sub> | LOI   |
|-----|-----------|-------------|------------------------|------------------|-------|
| 1.  | 28,2 %    | 17,6 %      | 1,9 gr/cm <sup>3</sup> | 72 %             | 6,7 % |
| 2.  | 29,0 %    | 18,1 %      | 1,9 gr/cm <sup>3</sup> | 74 %             | 6,1 % |

Keterangan Tabel 2:

1. Bagian Badan Kowi
2. Bagian Tutup Kowi

## B. Pembahasan

Tinggi rendahnya kualitas artefak yang terbuat dari tanah liat dan kemudian mengalami proses pembakaran seperti bata merah dan kowi dapat diketahui dengan melihat sifat-sifat fisik serta kandungan unsur-unsur penyusunnya melalui analisis laboratorium.

Dengan memperhatikan hasil analisis antara fragmen kowi dan bata merah maka diketahui bahwa porositas dan serapan air bata sebagai unsur bangunan memiliki kisaran yang bervariasi yaitu porositas

antara 26,2% – 39,9 %, sedangkan serapan air berkisar antara 15,8% – 22,8 % serta mempunyai kandungan silikat 46% – 78 %. Fragmen kowi yang dianalisis adalah pada bagian badan dan tutup, kedua fragmen ini setelah dianalisis memiliki porositas, serapan air, kandungan silikat yang berbeda, walaupun selisih hasil analisisnya sangat kecil. Untuk berat jenis mempunyai nilai yang sama yaitu  $1,84 \text{ gr/cm}^3$ . Hasil analisis uji hilang bakar (LOI) menunjukkan adanya perbedaan yang cukup tinggi yaitu 1,4 %.

Perbedaan hasil analisis ini menunjukkan bahwa antara fragmen badan dengan fragmen bagian tutup kowi dibuat dengan menggunakan bahan baku yang berbeda, mungkin berasal dari suatu daerah yang tidak berjauhan. Perbedaan ini dipengaruhi oleh kandungan LOI, yaitu berupa senyawa-senyawa organik, garam-garam karbonat, sulfida-sulfida dan garam-garam lainnya yang mudah menguap terutama pada saat proses pembakaran. Pada saat proses pembakaran senyawa-senyawa karbon yang menguap akan meninggalkan ruang-ruang kosong (pori-pori) yang berakibat porositas dan serapan air akan semakin besar. Sedangkan berat jenis menunjukkan pengelompokan atau penggolongan mineral tanah. Mineral berat mempunyai berat jenis lebih besar dari  $2,9 \text{ gr/cm}^3$ , sedangkan mineral ringan mempunyai berat jenis lebih kecil dari  $2,9 \text{ gr/cm}^3$ . Pengelompokan mineral ini mempunyai arti tertentu bagi genesa tanah serta klasifikasi tanah karena berat jenis ini dapat menentukan homogenitas tanah.

Dengan membandingkan hasil analisis antara fragmen bata merah dengan fragmen kowi maka diketahui bahwa fragmen kowi mempunyai sifat-sifat yang hampir sama dengan fragmen tanah liat bakar lainnya, dalam hal ini bata merah dipergunakan sebagai pembanding. Kandungan silikat fragmen wadah pelebur logam (kowi) cukup tinggi

*Fragmen Wadah Pelebur Logam (?) Dari Situs Boyolangu, Kabupaten Tuluwangung, Jawa Timur (Ni Komang Ayu Astiti)*

yaitu mencapai 72 % - 74 %, hal ini menandakan bahwa wadah pelebur logam ini mempunyai ketahanan terhadap panas yang cukup tinggi. Kandungan silikat ini sangat mempengaruhi kekuatan wadah ini, jika suatu wadah dari tanah liat mempunyai kandungan silikat yang rendah maka wadah yang dihasilkan akan menjadi rapuh. Sifat rapuh ini dapat terjadi karena pada saat terjadi proses oksidasi pori-pori yang terbentuk tidak banyak tertutup oleh lelehan unsur silikat atau unsur lainnya yang terdapat dalam bahan bakunya sehingga wadah ini menjadi rapuh dan mudah pecah. Dengan melihat hasil analisis secara keseluruhan maka pemilihan bahan baku untuk pembuatan kowi ini menggunakan bahan yang berkualitas tinggi yang ditandai dengan tingginya kandungan silikat serta rendahnya kandungan organik.

Porositas dan serapan air pada kowi lebih rendah jika dibandingkan dengan porositas dan serapan air pada sampel bata merah. Hal ini dapat disebabkan karena panas yang diterima kowi lebih tinggi jika dibandingkan dengan suhu pembakaran pada bata (bata biasanya dibakar dalam keadaan ruang terbuka tanpa menggunakan tungku pembakaran). Pada proses pembakaran dari suhu yang lebih tinggi akan menyebabkan menjadi lebih banyak unsur-unsur pada bahan baku yang mencapai titik lelehnya. Lelehan-lelehan ini segera menutup ruang kosong yang terdapat pada kowi, sehingga kemampuan pori untuk menyerap air dan daya hisap bahan kowi terhadap air melalui kegiatan kapilernya akan semakin kecil. Selain faktor-faktor ini besar kecilnya porositas dan serapan air dapat juga disebabkan karena pada saat kowi dipergunakan untuk melebur atau mencetak logam mengalami beberapa proses yaitu:



1. Untuk memenuhi titik lebur perunggu (sekitar  $1100^{\circ}\text{C}$ ) wadah pelebur harus dipanasi lebih tinggi ( $100^{\circ}\text{C}$  lebih panas), hal ini berarti suhu api diluar lebih panas daripada di dalam wadah.
2. Dalam proses peleburan perunggu unsur mineral dalam wadah yaitu unsur besi (Fe) dan kaca (Si) akan ikut meleleh tetapi hanya yang terdapat pada dinding luar saja.
3. Setelah pemanasan berhenti cairan besi (Fe) dan silikat (Si) akan membeku dan membentuk sebuah benjolan (amorf) yang dapat menutupi pori-pori tanah liat (Mundarjito, 1977)

## V. Kesimpulan

Tanah liat yang merupakan bagian dari kulit bumi sangat mudah diperoleh di Nusantara ini, kekayaan alam ini sudah dimanfaatkan oleh nenek moyang bangsa Indonesia sejak jaman dahulu. Menurut R.P Soejono, manusia memanfaatkan tanah liat sebagai wadah diawali ketika manusia mengenal api yaitu berupa wadah-wadah yang sangat sederhana untuk keperluan sehari-hari, kemudian mengalami peningkatan baik dari segi kualitas maupun kuawantitas sampai pada akhirnya tanah liat dimanfaatkan sebagai salah satu perlengkapan dalam proses teknologi pengolahan logam yaitu berupa wadah untuk peleburan logam (kowi).

Tanah liat yang diperlukan untuk membuat kowi adalah tanah yang mempunyai kualitas yang cukup tinggi, karena fungsinya sebagai wadah pelebur logam yang mempunyai titik leleh yang cukup tinggi. Tingginya kualitas tanah liat sangat ditentukan oleh kandungan unsur-unsur yang terdapat di dalam tanah liat itu sendiri atau bahan yang dipergunakan sebagai zat temper. Salah satu indikator bahwa tanah liat itu mempunyai kualitas yang tinggi adalah tanah liat yang

mempunyai kandungan silikat yang tinggi serta rendahnya unsur-unsur organik atau garam-garam oksida lainnya.

Fragmen badan dan tutup kowi yang di analisis merupakan dua bagian yang dibuat tidak berasal dari satu adonan, karena dari hasil analisis menunjukkan besarnya porositas, serapan air dan kandungan silikat yang tidak sama walaupun mempunyai perbedaan yang kecil. Perbedaan ini dapat terjadi karena waktu pembuatannya tidak sama sehingga pengolahan awal bahan (campuran) tidak tepat sama. Namun berat jenis dari kedua bahan ini sama, hal ini menunjukkan bahwa bahan ini mempunyai jenis mineral yang sama, sehingga dapat dipastikan kedua bahan ini di ambil dari tempat yang berdekatan. Dari hasil analisis antara fragmen kowi dengan fragmen bata yang berasal dari bagian Candi Gayatri menunjukkan adanya kualitas yang hampir sama.

Porositas dan serapan air pada kowi lebih Kecil jika dibandingkan dengan fragmen bata yang terdapat pada bangunan candi dan struktur pondasi di sekitar candi. Kecilnya porositas dan serapan air pada fragmen kowi disebabkan karena panas yang diterima kowi cukup tinggi, sehingga unsur besi (Fe) dan silikat (Si) yang terdapat pada bahan baku wadah pelebur logam (kowi) akan meleleh dan lelehan unsur-unsur ini akan menutupi ruang-ruang kosong pada bahan kowi. Kecilnya porositas dan serapan air pada wadah pelebur logam ini dapat juga disebabkan karena pada bagian luar dinding wadah ini telah ditutupi oleh sisa-sisa lelehan logam yang dilebur seperti perunggu atau besi sehingga pada bagian luar wadah ini tertutup sehingga pori-pori yang ada tidak dapat ditembus oleh air.

## DAFTAR PUSTAKA

- Irfan Anshory, 1987, *Kimia*. Ganeca Exact. Bandung
- Maggie De Moor dan Wilhelmina H.Kal, 1999, *Perhiasan Indonesia Paduan Seni dan Teknik Tempa Logam Mulia*. Proyek Pembinaan Permuseuman Jakarta. Direktorat Permuseuman. Direktorat Jendral Kebudayaan. Depdikbud. Jakarta.
- Mundardjito, 1980, "Wadah Pelebur logam dari Ekskavasi Banten 1976: Sumbangan Data Bagi Sejarah Teknologi". Dalam *PIA I* Cibulan. 21 25 Februari 1977. Pusat Penelitian Purbakala dan Peninggalan Nasioanal. Jakarta.
- Sumijati Atmosudiro, 1999 *Teknologi dan Fungsi Terakota Masa Prasejarah. Cerminan Dinamika Sosial Budaya*. Makalah disampaikan dalam Panel sehari Wawasan Seni dan Teknologi Terakota Indonesia. Jakarta
- Soejono, R.P, 1980 *Sejarah Nasioanal Indonesia*. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. Jakarta.
- , 2000, "Teknologi", dalam *Kajian Ilmiah Temuan Satu Abad (1900 – 1999)*. Museum Nasional. Jakarta.
- Tim Peneliti, 2000, *Penelitian Arkeologi di DAS Brantas Kabupaten Tulung Agung, Provinsi Jawa Timur*. Laporan Penelitian Bidang Prasejarah –Arkeometri Pusat Arkeologi (tidak terbit).
- Fragmen Wadah Pelebur Logam (?) Dari Situs Boyolangu, Kabupaten Tulungagung, Jawa Timur (Ni Komang Ayu Astiti)