

Masyarakat, Kebudayaan dan Politik

Daftar Isi

Arkeometalurgi pada Enam Jenis Logam yang Berpengaruh pada Peradaban Umat Manusia	
Tjokorda Udiana Nindhia Pemayun dan Tjokorda Gde Tirta Nindhia	1–5
Otonomi Negara dan Konsolidasi Demokrasi di Indonesia: Implementasi Politik Kekuasaan Pusat dalam Pelaksanaan Otonomi Daerah	
Asrinaldi Asril, Mohammad Agus Yusoff	6–16
Sosial dan Kebudayaan Kelompok “Batin Sembilan” di Provinsi Jambi	
Mat Syuroh	17–23
Kontestasi Wacana <i>Civil Society</i>, Negara, dan Industri Penyiaran dalam Demokratisasi Sistem Penyiaran Pasca-Orde Baru	
Henry Subiakto	24–34
Minimalisasi Konflik antar-Etnis di Kepulauan Timur Madura Melalui Media Rakom	
Surokim dan Tatag Handaka	35–44
Remaja Nangroe Aceh Darussalam Pasca-Tsunami	
Nurul Hartini	45–51
Saling Hubungan antara Lingkungan Eksternal dan Lingkungan Internal Perkumpulan Petani Pemakai Air	
Syamsir Torang	52–60
Perempuan dalam Perspektif Sosial dan Keluarga: Kajian terhadap Novel Mutakhir Perempuan Indonesia	
Sulaiman	61–67
Tingkat Adopsi terhadap Diversifikasi Pangan Berbasis Jagung pada Organisasi Kelompok Masyarakat di Provinsi Lampung	
Fitriani, Saroni, dan Yatim R. Widodo	68–73
Mekanisme <i>Survival</i>, Identifikasi Kebutuhan dan Pemberdayaan Nelayan Miskin dalam Masa Kritis Akibat Kenaikan Harga BBM	
Bagong Suyanto	74–83

Arkeometalurgi pada Enam Jenis Logam yang Berpengaruh pada Peradaban Umat Manusia

Tjokorda Udiana Nindhia Pemayun¹ dan Tjokorda Gde Tirta Nindhia²

¹ Jurusan Seni Rupa Murni, Institut Seni Indonesia Denpasar

² Fakultas Teknik Universitas Udayana, Jimbaran, Bali

ABSTRACT

It is undeniable that the expertise on metal work influenced the culture of the human. It was proved by the naming of the age by using the name of the metal such as iron age and bronze age. The identification of the metal for the metal arts work such as sculpture, holy object, music instrument of gamelan, decoration for desk or window or more even for the souvenir such as Indonesian type of dagger or keris was not easy. It should utilize technique and equipment which was time consuming and costly. It was the purpose of this work to introduce archaeometallurgy technique that generally use in archaeology to be able to be utilize by the metal art maker in Indonesia. With this technique, the identification of iron, steel, copper, bronze, brass and red brass can be realized with moderate cost and reliable time so that the metal artist can produce their product with using guaranteed material.

Key words: metal, identification, work of arts, archaeometallurgy

Kebudayaan manusia sudah sejak lama secara konvensional dibagi menjadi tiga, berdasarkan bahan-bahan yang digunakan untuk peralatan, khususnya sebagai alat potong. Dimulai dengan penggunaan batu yang dipecah dan diasah, atau tulang serta tanduk yang diruncingkan, yang selanjutnya disebut dengan zaman batu. Periode selanjutnya dimulai saat manusia menyadari bahwa sejenis batu yang mengandung unsur logam tembaga dapat dicairkan dalam keadaan panas, dituangkan ke dalam cetakan dan bentuknya sesuai cetakan saat sudah dingin, zaman ini disebut dengan zaman perunggu. Zaman setelah ditemukannya besi sebagai alat potong selanjutnya disebut dengan zaman besi (Childe 1930).

Alat-alat musik perunggu yang dibuat pada zaman perunggu di Cina membantu menciptakan atmosfer, di mana para manusia dan dewa dapat berhubungan. Dengan memberi musik pada gerakan manusia dan memberi melodi pada perkataan yang diucapkan menyebabkan musik digunakan pada aktivitas ritual yang dapat memasuki dunia roh leluhur di surga. Pada zaman Cina kuno seni musik perunggu amatlah ditangani secara ketat. Seperti misalnya untuk lonceng (*bell*) dibuat dengan komposisi enam bagian tembaga dan satu bagian timah putih yang dikenal dengan istilah *kaogongji*. Namun tentunya karena

perbedaan daerah sumber logam maka terdapat pula yang mengandung kandungan timah hitam. Khusus untuk pembuatan lonceng perunggu maka lonceng Cina biasanya mengandung timah putih antara 12%



Gambar 1.

Karya seni yang berhubungan dengan religi dalam agama Buddha yang berupa *vajra* (*dorje*) dan *gantha* (*bell*) yang di Indonesia disebut lonceng. Khusus untuk pembuatan lonceng, para seniman haruslah mengetahui komposisi logam yang dikandung sehingga dapat menghasilkan suara yang menimbulkan kesan ketenangan dan keheningan

¹ Korespondensi: Tjokorda U.N. Pemayun, Jurusan Seni Rupa Murni, Institut Seni Indonesia, Jalan Nusa Indah, Denpasar, Bali. E-mail: nindhia@yahoo.com; Tjokorda G.T. Nindhia, Fakultas Teknik, Universitas Udayana, Kampus Unud Bukit Jimbaran, Badung, Bali, 80361 Telepon: 08179405539, Fax: 0361-703321

dan 16% karena menghasilkan kekerasan yang optimum saat dipukul. Jika ditambahkan timah putih lebih dari 16% maka akan cenderung getas dan mudah pecah. Sebaliknya jika terlalu banyak tembaga maka akan menjadi lunak dan mudah berubah bentuk (Falkenhausen 1993). Gambar 1 adalah contoh hasil karya seni logam yang berhubungan dengan religi. Tanpa pengetahuan mengenai bahan yang digunakan, maka akan menghasilkan suara dengan kualitas yang buruk.

Produk-produk seni yang terbuat dari besi diperuntukkan untuk membuat cinderamata tiruan jenis-jenis senjata baik dari zaman besi sampai pada produk senjata abad pertengahan. Seperti diungkapkan oleh Dickinson (2006) yang menerangkan bahwa jenis pisau besi dan juga belati awalnya dibuat dari besi, dengan gading atau tulang sebagai pemegang, seperti yang ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2.

Berbagai karya seni besi dan baja. Seniman logam haruslah mengetahui yang bagian yang terbuat dari besi dan bagian mana yang harus terbuat dari baja sehingga dapat memberi kesan abad pertengahan

Dalam membuat karya seni logam, khususnya agar menyerupai karya seni dari peninggalan arkeologi, maka seniman haruslah mengetahui pengetahuan arkeometalurgi (*archaeometallurgy*), karena dengan mengetahui ini maka kita dapat merekonstruksi teknologi saat pemrosesannya dan keterampilan yang dipakai untuk menghasilkannya, dan bahkan dapat mengetahui distribusi logam dari sumbernya, dalam hal, misalnya merekonstruksi jaringan perdagangan kuno dan menyediakan sumber bahan penelitian mengenai dari mana asal-muasal bahan dari objek yang diamati (Hauptmann 2007).

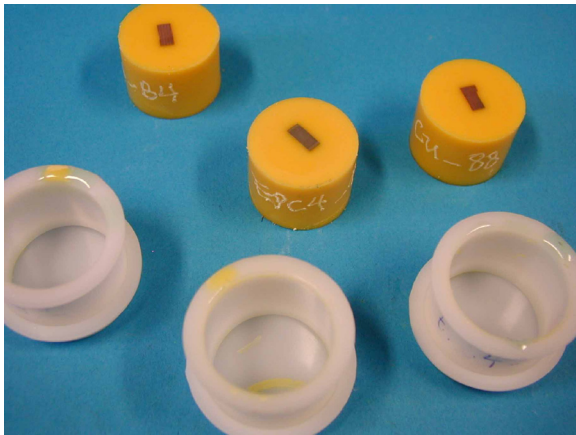
Jika kita mempelajari cara dan teknik untuk mengetahui kandungan unsur-unsur logam dalam

objek arkeologi, seperti yang telah dilakukan oleh Weeks (2003), yaitu dengan menggunakan teknik induksi proton dari sinar X atau yang dalam bahasa ilmiahnya disebut *proton-induced x-ray emission* (PIXE), maka cara atau teknik tersebut tidak dapat diterapkan dan dilaksanakan oleh para seniman logam di Indonesia mengingat biaya dan peralatan yang amat mahal. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan teknik pengujian komposisi bahan-bahan seni logam dengan cara yang ekonomis dan cepat sehingga seniman dapat menciptakan karya seni logam dengan kualitas bahan yang terjamin.

Tidak dapat dipungkiri bahwa pengetahuan tentang logam berpengaruh terhadap kebudayaan umat manusia, yang dibuktikan dengan penamaan zaman dengan nama-nama logam seperti zaman perunggu dan juga zaman besi. Identifikasi bahan-bahan logam untuk keperluan pembuatan karya seni logam, seperti patung, arca, gamelan, hiasan, baik hiasan meja ataupun pintu bahkan untuk cinderamata seperti keris, tidaklah mudah dilakukan. Identifikasi tidak dapat dilakukan jika tanpa menggunakan teknik atau peralatan uji, yang tentu saja membutuhkan biaya yang tinggi dan waktu yang cukup lama. Penelitian ini bertujuan memperkenalkan teknik arkeometalurgi yang umumnya digunakan bidang arkeologi untuk dapat digunakan oleh para seniman logam di Indonesia. Dengan teknologi ini maka identifikasi jenis besi, baja, perunggu, kuningan, tembaga dengan cepat dapat dilakukan sehingga para seniman logam di Indonesia dapat mempersiapkan karya mereka dengan menggunakan bahan logam yang terjamin komposisinya.

Metode Penelitian

Prosedur pengujian logam dengan teknik metalografi dilakukan, menurut Scott (1991), diawali dengan pemilihan bahan. Dalam penelitian ini enam jenis paduan logam dipersiapkan untuk dapat digunakan sebagai patokan atau standar bagi seniman logam di Indonesia yaitu: besi (*iron*), baja (*steel*), tembaga (*copper*), perunggu (*bronze*), kuningan (*brass*), kuningan merah (*red brass*). Sampel penelitian ditempatkan dalam pemegang (*mounting*) terbuat dari resin sintesis seperti tampak pada gambar 3 untuk memudahkan memegang saat proses pengamplasan (*grinding*) dan proses pemolesan (*polishing*). Proses pemolesan dilakukan dengan menggunakan serbuk alumina.



Gambar 3.

Menempatkan sampel dalam resin (*mounting*) berfungsi untuk memudahkan proses pengamplasan dan pemolesan permukaan. Tahapan ini juga berguna saat proses pewarnaan secara kimia (*etching*). Berbagai karya seni besi dan baja. Seniman logam haruslah mengetahui jenis besi dan baja yang digunakan sehingga dapat memberi kesan abad pertengahan

Jika telah dicapai kehalusan permukaan, di mana tidak ditemukan lagi goresan yang berarti serta sudah terlihat mengkilap seperti cermin, maka proses dilanjutkan dengan proses pewarnaan dengan menggunakan larutan kimia yang bersesuaian sehingga menampilkan fase-fase yang terdapat di dalam paduan. Tahap yang paling penting selanjutnya adalah proses pengambilan gambar atau foto dengan menggunakan mikroskop metalurgi seperti disajikan pada gambar 4. Struktur mikro yang diperoleh dengan menggunakan mikroskop metalurgi selanjutnya dicocokkan dengan struktur mikro yang terdapat pada atlas metalurgi (Voort 2004), untuk diketahui unsur-unsur logam yang terkandung di dalamnya.



Gambar 4.

Mikroskop metalurgi, mikroskop ini khusus diciptakan untuk mengamati fase-fase yang terdapat di dalam logam yang diamati. Dengan menggunakan mikroskop jenis ini maka foto atau gambar struktur mikro dari objek logam yang diamati dapat diperoleh untuk selanjutnya dibanding dengan struktur mikro yang terdapat di dalam atlas metalurgi

Foto-foto struktur mikro dari kelima jenis logam yang diteliti dalam penelitian ini selanjutnya ditampilkan pada bagian hasil penelitian dari tulisan

ini untuk dapat digunakan oleh para seniman logam sebagai pembanding untuk mengetahui jenis logam yang dipakai.

Hasil Penelitian dan Pembahasan

Gambar 5 menampilkan hasil penelitian ini, yang menunjukkan struktur mikro dari enam jenis paduan logam yang digunakan, diharapkan dapat dipakai sebagai pembanding oleh seniman logam.

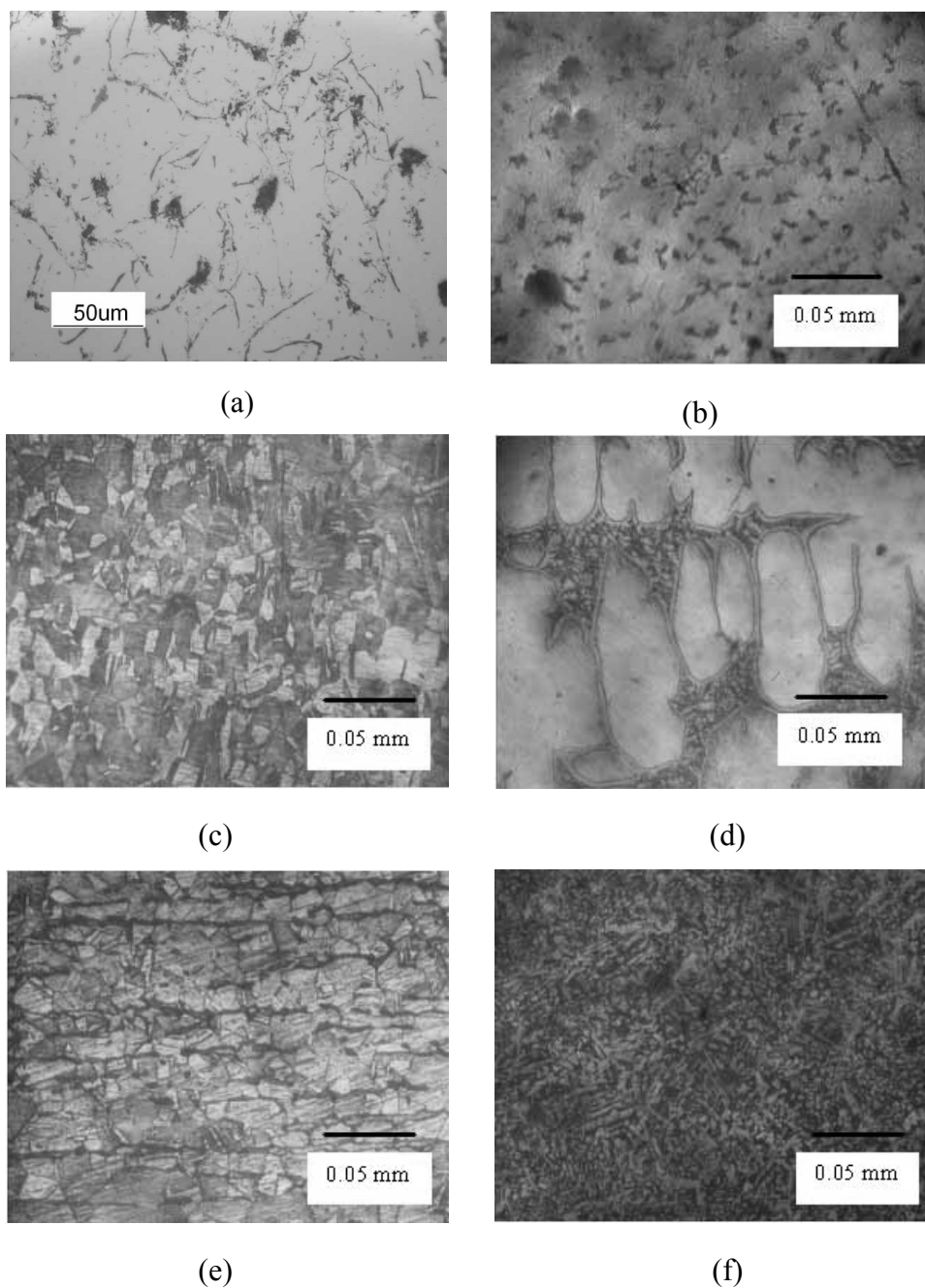
Gambar 5a merupakan struktur mikro besi, yang lebih khusus lagi disebut besi tuang kelabu karena adanya grafit berbentuk garis berlekuk-lekuk (*flake*) yang menyebabkan berwarna kelabu saat dipatahkan. Besi jenis ini jika dipanaskan sampai di atas 750°C dan dicelup dalam air akan dapat meningkatkan kekerasannya karena timbulnya fase *martensit* atau fase lainnya yang disebut *bainit* (Vlack 1985).

Baja (*steel*) pada dasarnya adalah paduan antara besi (*iron*) dan karbon, dengan kandungan maksimum sekitar 1.5% karbon. Gambar 5b menunjukkan struktur mikro baja dengan kadar karbon di bawah 1%. Bagian yang berwarna putih/terang dikenal dengan nama *ferrite* sedangkan yang berwarna gelap merupakan fase yang disebut *pearlite*. Apabila kadar karbon ditambah menjadi di atas 1% maka fase *ferrite* berubah menjadi fase *cementite*, fase *cementite* menyebabkan baja menjadi semakin keras namun juga mudah patah (John 1972).

Tembaga (Gambar 5c) merupakan logam yang paling tua yang dikenal oleh umat manusia, bersamaan dengan timah putih dalam paduan logam menjadi perunggu (*bronze*) seperti tampak pada Gambar 5d. Bahan tembaga memiliki titik lebur 1083° C dan sangat tahan terhadap korosi (John 1972) sehingga bahan ini sering dijumpai masih utuh pada peninggalan-peninggalan arkeologi.

Perunggu (Gambar 5d) merupakan hasil dari paduan antara tembaga dan timah putih, bahan ini sering disebut perunggu lonceng (*bronze bell*) karena merupakan bahan khusus untuk alat musik pukul seperti lonceng atau gamelan di Indonesia. Jika kita lihat dari mikro strukturnya tampak terdiri dari dua fase yaitu fase α yang berwarna gelap sebagai matriks dan fase δ yang berwarna terang (John 1972).

Kuningan (Gambar 5e) merupakan paduan logam yang dibentuk dari logam tembaga dan logam seng (Zn). Penambahan seng akan meningkatkan kekuatan tembaga, serta lebih mudah untuk dibentuk (keuletan meningkat). Penambahan logam seng dapat dilakukan mencapai komposisi 30%. Jika penambahan dilakukan lebih dari 30% maka akan



Gambar 5.

Struktur mikro enam jenis logam yang diperoleh dari penelitian ini: (a) Besi, (b) Baja, (c) Tembaga, (d) perunggu, (e) Kuningan, (f) Kuningan merah

kembali seperti tembaga, yaitu susah dibentuk karena keuletan berkurang (John 1972).

Adanya tambahan timah hitam (Pb) dan timah putih (Sn) di dalam kuningan menyebabkan menjadi paduan baru yang secara teknis disebut *high leaded naval brass* (Voort 2004), yang juga mempunyai istilah lain sebagai kuningan merah (*red brass*). Jenis paduan ini mudah dikenali dengan teknik metalografi, seperti tampak pada gambar 5f, di mana kuningan merah ini memiliki struktur yang amat berbeda dengan kuningan dan perunggu.

Simpulan

Teknik arkeometalurgi dapat digunakan oleh para seniman logam dalam menentukan komposisi bahan logam yang digunakan sehingga karya seni yang diciptakan terjamin kualitasnya. Dalam penelitian ini enam jenis logam telah ditentukan komposisinya dengan menggunakan teknik ini. Logam besi, baja, tembaga, perunggu, kuningan dan kuningan merah, merupakan bahan yang banyak digunakan untuk menghasilkan karya seni logam, telah ditampilkan datanya untuk dapat digunakan sebagai pembanding

dalam menentukan jenis logam yang akan digunakan.

Daftar Pustaka

- Childe, VG (1930) *The Bronze Age*. Great Britain: Cambridge University Press.
- Dickinson, O (2006) *The Aegean from Bronze Age to Iron Age*. New York: Routledge.
- Falkenhausen, LV (1993) *Chime-bells in the Culture of Bronze Age China*. California: University of California Press.
- John, VB (1972) *Introduction to Engineering Material*. London: The Macmillan.
- Hauptmann, A. (2007) *The Archaeometallurgy of Copper*. New York: Springer Heidelberg.
- Scott, DA (1991) *Metallography and Microstructure of Ancient and Historic Metals*. Singapore: Tien Wah Press Ltd.
- Vlack, LHV (1985) *Elements of Material Science and Engineering*. USA: Addison-Wesley.
- Voort, GFV (2004) *Metallography and Microstructure*. USA: ASM International.
- Weeks, LR (2003) *Early Metallurgy of the Persian Gulf*. Boston: Brill Academic Publishers, Inc.