



F

Berkala Arkeologi

AMERTA

12



penerbit
PUSAT PENELITIAN ARKEOLOGI NASIONAL
1991

Gambar sampul muka : Garuda dengan guci Amerta, Candi Kidal, abad ke-13 M

AMERTA
BERKALA ARKEOLOGI

12

Proyek Penelitian Purbakala Jakarta
Departemen Pendidikan dan Kebudayaan
1991

Penelitian berkeala arkeologi kali ini mengintegrasikan "Metalurgi Dalam Arkeologi" yang merupakan kumpulan sebagian naskah kuno yang telah dibahas pada pertemuan/diskusi pada tanggal 10 - 16 September 1991 di Kuningan, Jawa Barat.

Menjadi merupakan salah satu bentuk studi arkeologi yang melibatkan jenis-jenis logam sebagai bahan bakunya, guna memenuhi keperluan hidup manusia pada masa lampau bahkan sampai masa kini. Melalui kajian arkeologi serta dukungan dari beberapa disiplin ilmu bantu yang terkait, diharapkan masalah-masalah metalurgi yang berkembang sejak jaman dahulu yang meliputi kegiatan kegiatan produksi (teknologi), distribusi (perserahan) dan konsumsi (praktik) akan dapat memenuhi kebutuhan dapat diungkapkan.

Dalam era pembangunan suatu bangsa saat ini, produk teknologi dapat digunakan sebagai produk jasa dan fungsinya sebagai pemroses produk sehingga akan sangat memenuhi kebutuhan pembangunan infrastruktur.

Selain dampak itu benda-benda logam karena sifatnya yang dapat dibentuk sesuai dengan keinginan dan dapat didaur ulang, sehingga akan sangat berguna bagi masa kini untuk masa depannya lebih lanjut. Khusus pada aspek teknologi, penelitian-penelitian sebagai berikut:

S. Sartono, yang banyak menaruh minat pada aspek teknologi, memaparkan secara singkat berbagai bidang ilmu pengetahuan yang berkaitan dengan metalurgi, terutama dalam bidang metalurgi, dan metalurgi dalam bidang metalurgi.

Djambek Sula, geolog dari Departemen Geologi Bandung akan menguraikan artikel yang berjudul "Pengaruh Metalurgi dan Pengolahan Bahan dalam Arkeologi", mencoba menjelaskan latar belakang perkembangan proses metalurgi suatu logam yang diharapkan dapat meningkatkan waktu dan biaya pada saat benda sejarah dibuat untuk meningkatkan informasi benda sejarah tersebut.

Sementara itu Fonah Labage, seorang Ahli Fisika dari Badan Tenaga Atom Yogyakarta dan rekan kerjanya akan menyoroti metode termografi sebagai salah satu terapan teknik fisika dalam bidang arkeologi melalui pemanfaatan sifat logam.

Adanya Michrob, mencoba membahas mengenai pola sejarah arkeo-metalurgi di Banket Lami dalam kaitannya dengan Kehutanan dan Suplai Produk Metalurgi Terhadap Kondisi Sosial Politik Kalimantan Barat.

Demikian kami ialah agar dengan penerbitan buku ini kami telah memberikan sumbangsih yang sedikit untuk kemajuan bahan untuk bidang arkeologi, akan tetapi dapat juga dirasakan manfaatnya bagi para peneliti yang berkaitan dengan metalurgi.

12

Kediri

DEWAN REDAKSI

Penaschat : R.P. Soejono
Ketua : Nies A. Subagus
Wakil : Nurhadi
Staf Redaksi : Hasan M. Ambary
Soejatmi Satari
D.D. Bintarti
Endang Sri Hardiati

KATA PENGANTAR

Penerbitan berkala arkeologi kali ini mengetengahkan tentang "Metalurgi Dalam Arkeologi" yang merupakan kumpulan sebagian naskah kerja yang telah dibahas pada pertemuan/diskusi pada tanggal 10 - 16 September 1991 di Kuningan, Jawa Barat.

Metalurgi merupakan salah satu bentuk studi teknologi yang melibatkan jenis-jenis logam sebagai bahan bakunya, guna memenuhi keperluan hidup manusia pada masa lampau bahkan sampai masa kini. Melalui kajian arkeologi serta dukungan dari beberapa disiplin ilmu bantu yang terkait, diharapkan masalah-masalah metalurgi yang berkembang sejak jaman dahulu yang meliputi kegiatan-kegiatan produksi (teknologi), distribusi (persebaran) dan konsumsi (pemakai jasa praktis, religius dan ekonomis), dapat diungkapkan.

Dalam era pembangunan suatu bangsa saat ini produk metalurgi dapat digunakan sebagai produk final, dan fungsinya sebagai pemroses produk non-logam dalam rangka memenuhi kebutuhan pembangunan infrastruktur.

Selain daripada itu benda-benda logam karena sifat-sifatnya yang khusus yaitu dapat dibentuk sesuai dengan keinginan dan dapat didaur ulang, sehingga menarik perhatian para ahli masa kini untuk menekuninya lebih lanjut. Khusus pada Amerta nomor 12 ini disajikan tulisan-tulisan sebagai berikut,

S. Sartono, yang banyak menaruh perhatian pada pengembangan arkeologi, memaparkan secara singkat berbagai bidang ilmu pengetahuan alam yang dapat digunakan dalam Bidang Arkeologi, dituangkan dalam tulisan, berjudul "Pengaruh Ilmu Pengetahuan Alam pada Arkeologi".

Djamhur Sule, geolog dari Departemen Geologi Bandung akan menguraikan artikel yang berjudul "Peranan Metalurgi dan Pengolahan Bahan Galian dalam Arkeologi", mencoba menjelaskan latar belakang perkembangan proses metalurgi suatu logam yang diharapkan dapat menyingkap tentang waktu dan budaya pada saat benda sejarah dibuat untuk melengkapi informasi benda sejarah tersebut.

Sementara itu Fonali Lahagu, seorang Ahli Fisika dari Badan Tenaga Atom Yogyakarta dan kawan-kawan akan menerangkan metode Pertanggalan Radiokarbon sebagai salah satu terapan teknik nuklir dalam bidang arkeologi melalui pertanggalan artefak logam.

Halwany Michrob, mencoba membahas mengenai pola sebaran arkeo-metalurgi di Banten Lama dalam "Korelasi Kebutuhan dan Suplai Produk Metalurgi Terhadap Kondisi Sosial Politik Kesultanan Banten".

Harapan kami ialah agar dengan penerbitan buku ini kami telah memberikan sumbangan yang bukan hanya merupakan bahan untuk bidang arkeologi saja, akan tetapi dapat juga dirasakan manfaatnya pada pengembangan penelitian yang berkaitan dengan metalurgi.

Redaksi

	Halaman
PRAKATA	v
DAFTAR ISI	vii
1. Pengaruh Ilmu Pengetahuan Alam Pada Arkeologi <i>S. Sartono</i>	1
2. Peranan Metalurgi dan Pengolahan Bahan Galian Dalam Arkeologi <i>Djamhur Sule</i>	15
3. Pertanggalan Artefak Logam Dengan Metode Radiokarbon <i>Fonali Lahagu, Wisnu Susetyo, Wisyachudin Final, Paul Pujiono</i>	31
4. Korelasi Kebutuhan dan Suplai Produk Metalurgi Terhadap Kondisi Sosial Politik Kesultanan Banten <i>Halwany Michrob</i>	38

BERITA TEMUAN

Di samping ilmu yang meneliti tataling-kungan, yang kini seolah-olah menjadi buah bibir masyarakat Indonesia sehari-hari, barang-kali tidak ada ilmu lain yang mengikat ilmu pengetahuan alam dengan humaniora demikian erat dari pada ilmu arkeologi. Ilmu ini nampaknya mudah untuk diikuti akan tetapi nyatanya demikian sulit bak labirin (*labyrinth*).

Di negara kita ilmu arkeologi an sich dianggap sebagai ilmu non-eksakta dan diajarkan dalam Fakultas Sastra. Ini mungkin disebabkan oleh:

1. Tidak adanya pendidikan tinggi dalam ilmu pengetahuan alam di negara kita sebelum Perang Dunia II, ilmu mana baru diajarkan untuk pertama kali di Bandung di Fakultas Ilmu Pasti dan Ilmu Alam Universitas Indonesia, yang sekarang menjadi Institut Teknologi Bandung.

2. Sebelum Perang Dunia II para pakar arkeologi asing yang melakukan penelitian di negara kita terbatas pada orang-orang yang lebih atau sedikit mengikui ilmu pengetahuan alam. Berbagai hasil penelitian para pakar itu menjadi sumber, serta tentunya menjadi "buku pintarnya" para pakar arkeologi Indonesia. Di samping itu para

pakar asing itu juga menjadi pengajar. Dengan demikian mereka itu menjadi "bapak para pakar Indonesia sekarang. Walaupun disiplin arkeologi kita kini di "monopoli" oleh para pakar Indonesia yang orientasinya lebih cenderung ke ilmu non-eksakta.

Itulah mungkin sebabnya mengapa arkeologi terasah demikian jauh dari ilmu pengetahuan alam dan dimasukkan dalam Fakultas Sastra, yakni fakultas non-eksakta. Dengan demikian ilmu dan teknologi kini banyak problem dalam arkeologi dapat dipecahkan dengan bantuan ilmu eksakta.

Tulisan dimaksudkan untuk menunjukkan bagaimana luas dan eratnya hubungan ilmu arkeologi (yang dianggap sebagai ilmu non-eksakta) dengan ilmu eksakta, terutama ilmu pengetahuan alam. Sekaligus makalah ini berupa suatu himbauan pada para pakar arkeologi serta para ilmu pengetahuan alam Indonesia untuk lebih erat bekerjasama demi kemajuan ilmu arkeologi.

Arkeologi dan Ilmu Pengetahuan Alam

"Kebangkitan" ilmu arkeologi tidak lepas dari usaha gigih Prof. Dr. R.F. Soejono, sekarang mantan Kepala Pusat Penelitian Arkeologi Nasional. Pada sekitar tahun 1973/1976 beliau menghubungi Prof. Dr. T. Jacob dan

PENGARUH ILMU PENGETAHUAN ALAM PADA ARKEOLOGI

S. Sartono

Prakata

Di samping ilmu yang meneliti tatalingkungan, yang kini seolah-olah menjadi buah bibir masyarakat Indonesia sehari-hari, barangkali tidak ada ilmu lain yang mengikat ilmu pengetahuan alam dengan humaniora demikian erat dari pada ilmu arkeologi. Ilmu ini nampaknya mudah untuk diikuti akan tetapi nyatanya demikian sulit bak labirin (*labyrinth*).

Di negara kita ilmu arkeologi an sich dianggap sebagai ilmu non-eksakta dan diajarkan dalam Fakultas Sastra. Ini mungkin disebabkan oleh:

1. Tidak adanya pendidikan tinggi dalam ilmu pengetahuan alam di negara kita sebelum Perang Dunia II, ilmu mana baru diajarkan untuk pertama kali di Bandung di Fakultas Ilmu Pasti dan Ilmu Alam Universitas Indonesia, yang sekarang menjadi Institut Teknologi Bandung.
2. Sebelum Perang Dunia II para pakar arkeologi asing yang melakukan penelitian di negara kita terbatas pada orang-orang yang tidak atau sedikit mengikuti ilmu pengetahuan alam. Berbagai hasil penelitian para pakar itu menjadi sumber, serta tentunya menjadi "buku pintarnya" para pakar arkeologi Indonesia. Di samping itu para

pakar asing itu juga menjadi pengajar. Dengan demikian mereka itu menjadi "bapak" para pakar Indonesia sekarang. Walhasil dunia arkeologi kita kini di "monopoli" oleh para pakar Indonesia yang orientasinya lebih cenderung ke ilmu non-eksakta.

Itulah mungkin sebabnya mengapa arkeologi terasa demikian jauh dari ilmu pengetahuan alam dan dimasukkan dalam Fakultas Sastra, yakni fakultas non-eksakta. Dengan demikian ilmu dan teknologi kini banyak problema dalam arkeologi dapat dipecahkan dengan bantuan ilmu eksakta.

Tulisan dimaksudkan untuk menunjukkan bagaimana luas dan eratnya hubungan ilmu arkeologi (yang dianggap sebagai ilmu non-eksakta) dengan ilmu eksakta, terutama ilmu pengetahuan alam. Sekaligus makalah ini berupa suatu himbauan pada para pakar arkeologi serta para ilmu pengetahuan alam Indonesia untuk lebih erat bekerjasama demi kemajuan ilmu arkeologi.

Arkeologi dan Ilmu Pengetahuan Alam

"Kebangkitan" ilmu arkeologi tidak lepas dari usaha gigih Prof. Dr. R.P. Soejono, sekarang mantan Kepala Pusat Penelitian Arkeologi Nasional. Pada sekitar tahun 1975/1976 beliau menghubungi Prof. Dr. T. Jacob dan

penulis untuk mengajukan gagasan bersama-sama memajukan ilmu arkeologi. Entah gagasan itu muncul dari diri beliau sendiri, ataupun menyontoh kerangka penelitian yang dilakukan di luar negeri, nyatanya beberapa tahun setelah itu dapat didirikan Laboratorium Bioanthropologi-Paleoanthropologi di Yogyakarta dan laboratorium Paleoekologi - Radiometri di Cinunuk (Bandung). Sejak itu kedua laboratorium itu erat bekerjasama dengan Puslit Arkenas di Jakarta dan Balai Arkeologi di Yogya dan Denpasar, serta pihak-pihak lain di dalam dan di luar negeri.

Banyak bidang dalam ilmu pengetahuan alam memiliki potensi untuk digunakan serta diterapkan sebagai penolong dalam memecahkan berbagai teka-teki dalam ilmu arkeologi. Di bawah ini akan dipaparkan secara singkat berbagai bidang ilmu pengetahuan alam yang paling sering digunakan oleh bidang arkeologi.

Ada ilmu-ilmu pengetahuan alam tertentu yang hingga kini belum dimanfaatkan secara tuntas oleh Puslit Arkenas dalam suatu penelitian. Untuk itu hendaknya Puslit Arkenas lebih agresif mulai mendekati instansi dan laboratorium yang bersangkutan.

1. Pertanggalan Radiokarbon

Menentukan usia sesuatu benda dengan menggunakan metoda ini sesuai untuk umur maksimum sekitar 70.000 tahun SS. Lebih dari usia itu metoda ini tidak akurat lagi.

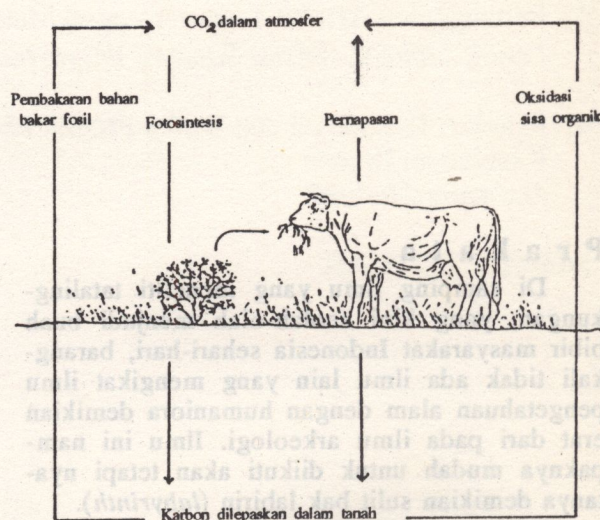
Produksi sinar kosmos yang membentuk atom-atom baru dan diserap oleh sesuatu benda di bumi merupakan dasar untuk pertanggalan radiokarbon, yaitu karbon-14. Karbon-14, atau dituliskan sebagai ^{14}C , dapat bertahan tanpa terurai selama sekitar 8300 tahun sebelum berubah menjadi nitrogen-14. Dalam jangka waktu itu ^{14}C dapat masuk ke dalam segala apa yang hidup dan juga ke dalam air maupun udara di bumi. Karbon dioksida merupakan bagian terpenting dalam proses itu, yaitu dari ^{14}C menjadi $^{14}\text{CO}_2$.

Unsur karbon yang berada dalam tanah, misalnya dalam batubara dan gambut serta minyak bumi dan lain sebagainya, lepas ke dalam lapisan atmosfer sebagai akibat dari proses pembakaran bahan tersebut pun oleh sebab oksidasi bahan sisa (residue) organik. Sebagai akibat dari proses fotosintesis tetumbuhan maka karbon juga dilepaskan ke dalam tanah melalui akar-akar tetumbuhan bersangkutan. Berbagai tetumbuhan itu kemudian dimakan oleh hewan, sedangkan melalui pernafasan dan kotoran

hewan itu unsur karbon juga akan dilepaskan ke dalam atmosfer maupun ke dalam tanah. Dengan begitu siklus terjadinya unsur karbon dapat terus terjadi (Gambar 1).

Kesimpulan prosesnya dapat disingkat sebagai berikut:

- Sinar kosmik membuat segala yang hidup di bumi ini seolah-olah menjadi bersifat radioaktif melalui pangan yang diserapnya.
- Setelah hewan mati maka terhenti juga penambahan maupun penggantian ^{14}C . Hanya setelah itu saja ^{14}C dapat terbentuk.
- Banyaknya ^{14}C digunakan untuk menentukan lamanya proses pembentukan itu sendiri. Atau dengan kata lain umur radioaktif.



Gambar 1 Bagian Daur Karbon

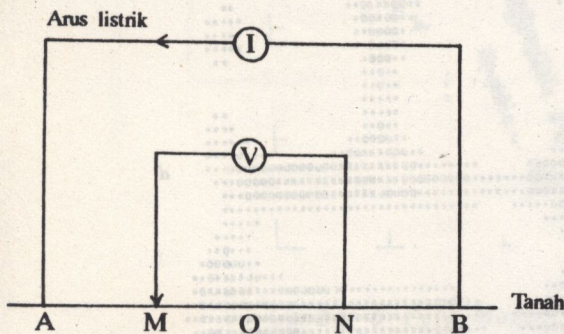
2. Geofisika

Berburu benda arkeologi dengan menerapkan ilmu geofisika tidak jarang disebut juga dengan cara arkeofisika. Metoda ini tidak merusak (*non-destructive*) terhadap artefak arkeologis yang berada dalam tanah. Ada beberapa cara yang digunakan yaitu: tahanan-jenis (*resistivity*), kemagnetan (*magnetics*), grafimetrimikro (*microgravimetry*), dan radar tembus tanah (*ground penetrating radar*).

2.1 Metoda tahanan-jenis (*electrical resistivity*).

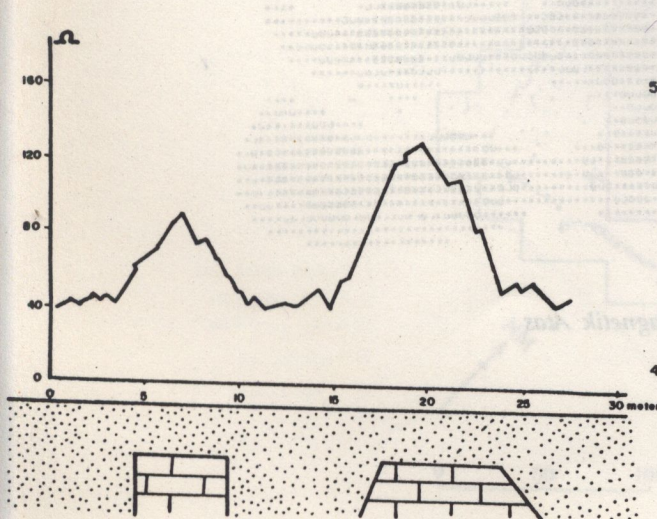
Pengukuran tahanan jenis didasarkan atas perbedaan nilai tahanan jenis benda arkeologis

terhadap tempat sekelilingnya. Dengan pengukuran itu dapat dibedakan misalnya pondasi bangunan kuno atau parit-parit dan lain-lain benda yang terpendam dalam lapisan tanah yang mengelilinginya. Tahanan-jenis itu diperoleh dengan mengirimkan arus listrik ke dalam tanah dan kemudian mengukur benda titik-titik yang telah ditentukan (Gambar 2). Tidak hanya pondasi bangunan benda-benda arkeologis besar lainnya yang dapat dicari dengan menggunakan metoda ini, akan tetapi benda-benda kecil yang misalnya terdiri dari emas dan perak serta perunggu yang kesemuanya bersifat sebagai logam penghantar listrik dapat ditemukan dengan cara ini jika beronggok disuatu tempat (Gambar 3).



Gambar 2 Penjajakan Tahanan-jenis

- I = Pengukur kuat arus listrik
- V = Pengukur beda tegangan listrik
- A dan B = Elektroda pengirim arus listrik
- M dan N = Elektroda pengukur benda tegangan listrik
- O = Titik pusat pengukuran



Gambar 3 Hasil Pengukuran Tahanan-jenis

2.2 Kemagnetan

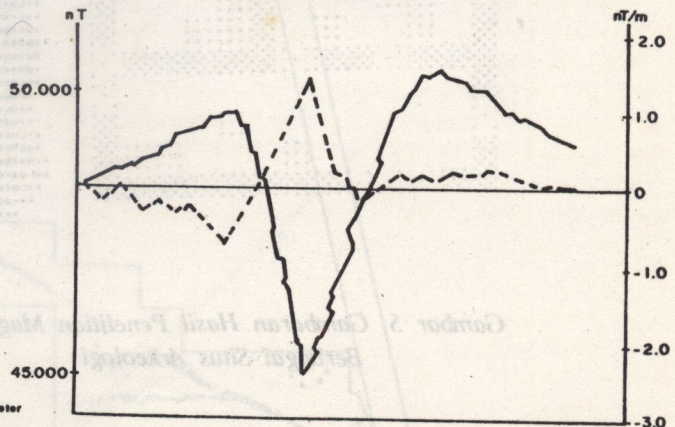
Cara ini diterapkan dalam pencarian benda arkeologis yang berada di bawah muka tanah dengan berpedoman pada perbedaan nilai kerentanan magnet (*magnetic susceptibility*) yang diperlihatkan oleh berbagai benda arkeologis bersangkutan terhadap lapisan tanah yang mengelilinginya. Benda arkeologis itu dapat berupa pondasi bangunan, guci, kerangka hewan besar dan lain sebagainya (Gambar 4,5,6 dan 7).

2.3 Gravimetri-mikro

Cara ini terutama diterapkan untuk mengetahui adanya rongga bawah tanah sungai atau lorong bawah tanah yang mungkin pada waktu dulu digunakan sebagai ruangan menyimpan benda arkeologis, ruang penguburan seperti halnya pada makam para pharao di Mesir, gua-gua bawah tanah dan lain sebagainya. Metoda ini didasarkan atas perbedaan rapatmasa (*density*) serta pengaruh saling tarik (gaya berat) antara berbagai benda bersangkutan (Gambar 8).

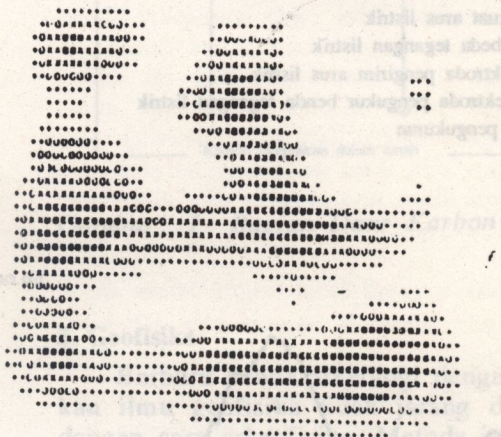
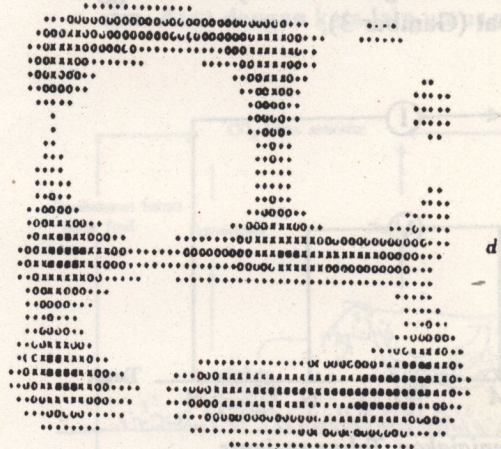
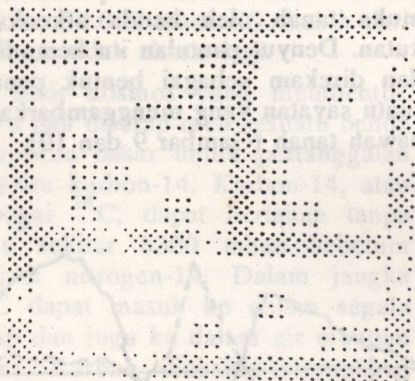
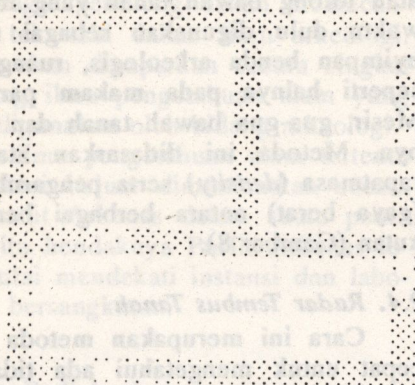
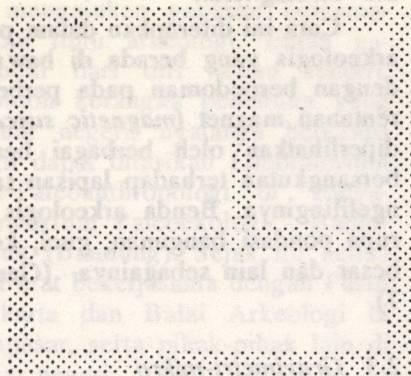
2.4. Radar Tembus Tanah

Cara ini merupakan metoda yang paling cepat untuk mengetahui ada tidaknya benda arkeologis terhadap lapisan tanah yang mengelilinginya. Denyut isyarat radar yang dipancarkan ke dalam tanah dipantulkan kembali ke muka tanah oleh benda arkeologis bersangkutan. Denyut pantulan itu kemudian ditangkap dan direkam sebagai bentuk penampang atau suatu sayatan yang menggambarkan keadaan di bawah tanah (Gambar 9 dan 10).

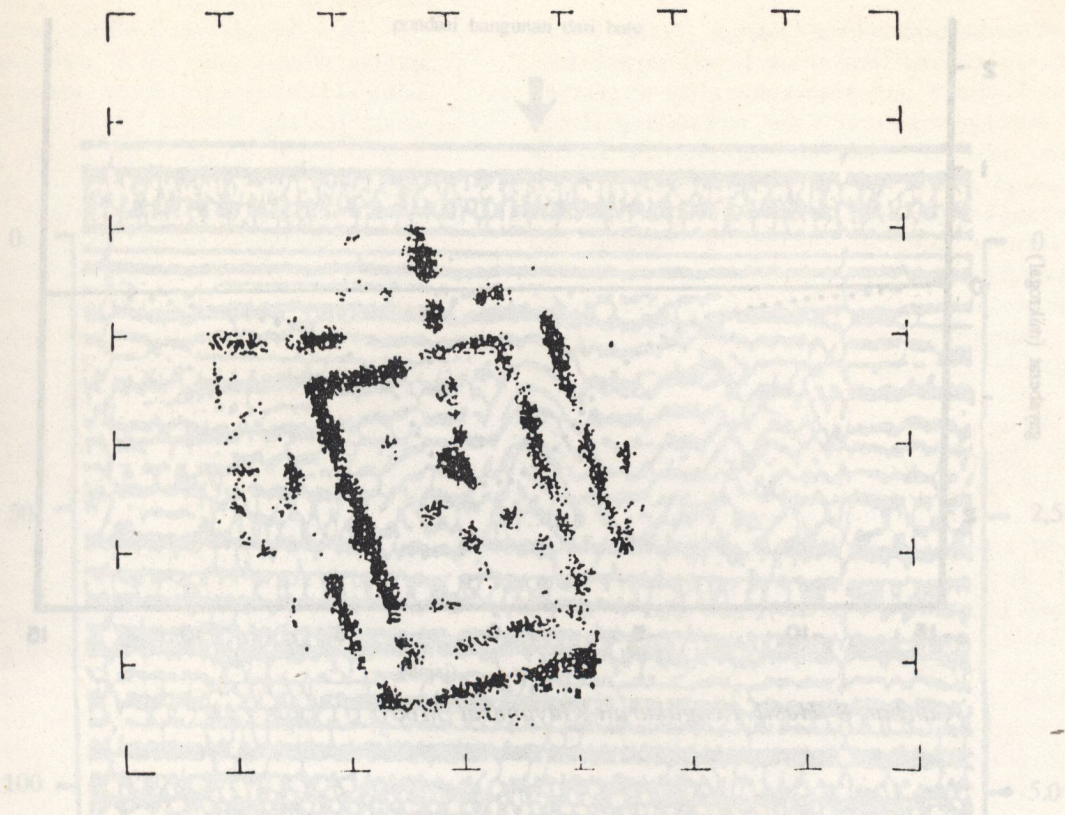


Gambar 4 Nilai Kemagnetan dan Landaian Tegak Suatu Benda di Bawah Tanah

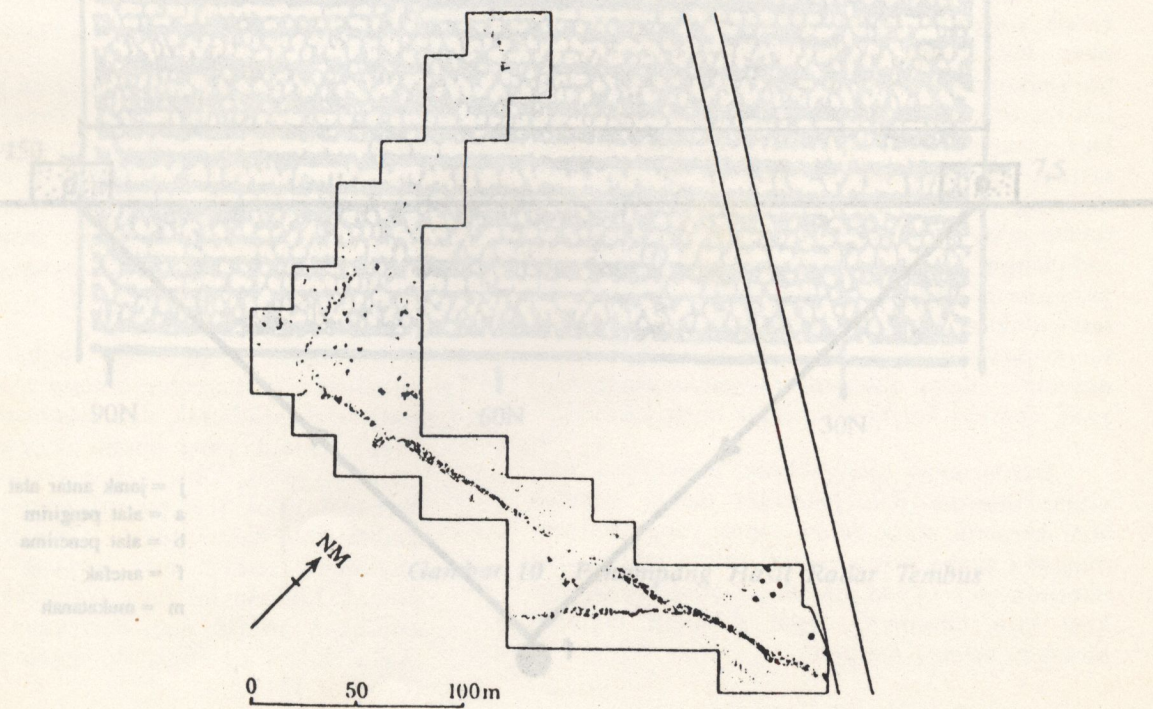
- n T = Kuat medan magnet total sebagai nano Tesia.
- n T/m = Landaian tegak (vertical gradient) nano Tesla per meter



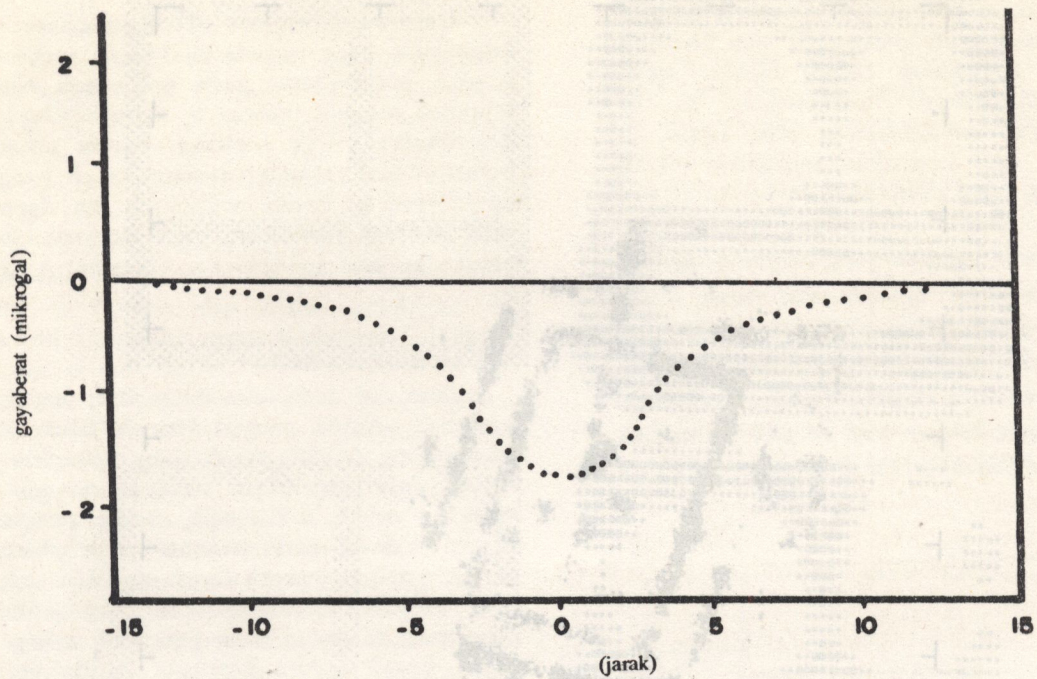
Gambar 5 Gambaran Hasil Penelitian Magnetik Atas
Berbagai Situs Arkeologi



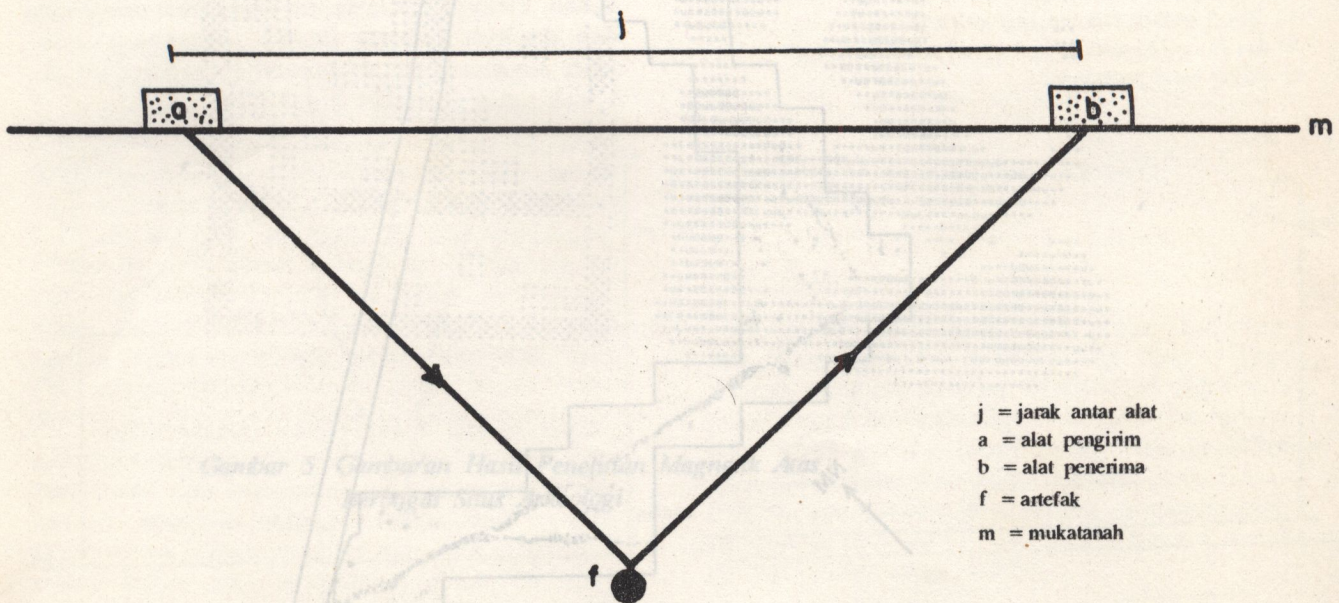
Gambar 6 Peta Magnetik Suatu Daerah Arkeologi



Gambar 7 Gambaran Suatu Hasil Survei Magnetik

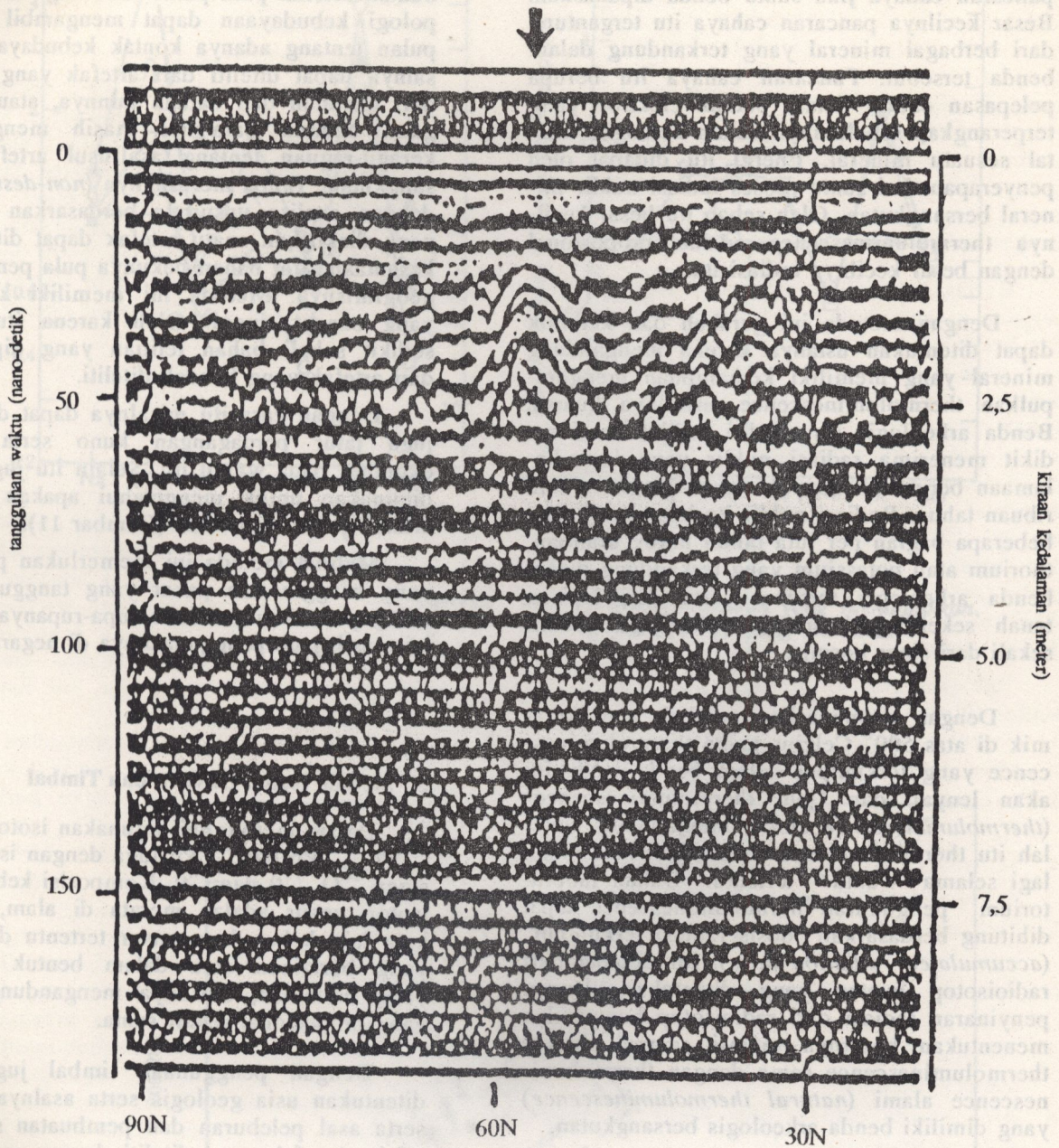


Gambar 8 Hasil Pengukuran Gayaberat Mikro



Gambar 9 Bagan Penelitian Metode Roda Tembus

pondasi bangunan dari batu



Gambar.10 Penampang Hasil Radar Tembus

3. Thermoluminescence

Thermoluminescence adalah suatu proses pancaran cahaya jika suatu benda dipanaskan. Besar kecilnya pancaran cahaya itu tergantung dari berbagai mineral yang terkandung dalam benda tersebut. Pancaran cahaya itu berupa pelepasan energi dalam bentuk elektron yang terperangkap sebelumnya dalam kerangka kristal sesuatu mineral. Energi itu didapat oleh penyerapan dari suatu proses radiasi nuklir mineral bersangkutan. Oleh sebab itu besar kecilnya thermoluminescence adalah proposional dengan besar kecilnya radiasi itu.

Dengan metoda ini gerabah dan keramik dapat ditentukan usianya karena mengandung mineral yang memiliki kemampuan mengumpulkan thermoluminescence, misalnya kuarsa. Benda arkeologis itu sendiri sedikit demi sedikit menerima radiasi nuklir yang lama-kelamaan berjumlah banyak dalam jangka waktu ribuan tahun. Radiasi nuklir itu besarnya hanya beberapa bagian per juta tahun untuk uranium, thorium atau potassium yang terkandung dalam benda arkeologis tersebut serta dari lapisan tanah sekeliling benda itu dan juga sedikit sekali dari sinar kosmis.

Dengan memanaskan gerabah atau keramik di atas 500° Celcius maka thermoluminescence yang terkumpul dalam benda-benda itu akan lenyap dan "jam thermoluminescence" (*thermoluminescence clock*) menjadi nol. Setelah itu thermoluminescence kembali bertambah lagi selama waktu tertentu. Dalam laboratorium pengukuran thermoluminescence dapat dihitung berdasarkan "dosis radiasi terkumpul" (*accumulated radiation dose*). Ini didapat dari radioisotop buatan yang ditentukan dengan penyinaran radiasi dari radioisotop buatan dan menentukan besarnya radiasi sampai tingkat thermoluminescence sama dengan thermoluminescence alami (*natural thermoluminescence*) yang dimiliki benda arkeologis bersangkutan.

Berdasarkan pengukuran banyaknya uranium, thorium dan potassium dalam gerabah atau keramik serta dalam tanah yang mengandungnya maka dosis radiasi setiap tahun yang diterima oleh benda arkeologis tersebut, dengan kata lain umurnya, dapat dihitung menurut hitungan sebagai berikut:

$$\text{Usia} = \frac{\text{dosis radiasi terkumpul}}{\text{dosis setiap tahun}}$$

4. Analisa Neutron yang Diaktifkan

Dari kesamaan tipologi serta cara pembuatan artefak para pakar arkeologi dan antropologi kebudayaan dapat mengambil kesimpulan tentang adanya kontak kebudayaan, misalnya dapat diteliti dari artefak yang terbuat dari obsidian dan batuan lainnya, ataupun logam. Namun cara itu masih mengandung keragu-raguan tentang asal-usul artefak bersangkutan. Tanpa merusaknya (*non-destructive*) dengan analisa unsurnya berdasarkan neutron yang diaktifkan suatu artefak dapat ditentukan kesamaan sifat bahan bakunya pula penyebaran geografisnya. Metoda ini memiliki kepekaan yang sangat tinggi. Oleh karena itu hanya sedikit sekali bahan telitian yang diperlukan dari artefak yang hendak diteliti.

Dengan cara itu misalnya dapat ditelusuri juga jalur perdagangan kuno serta sistem ekonomi pada waktu itu. Selain itu juga dapat digunakan untuk mengetahui apakah sesuatu artefak palsu atau tidak (Gambar 11).

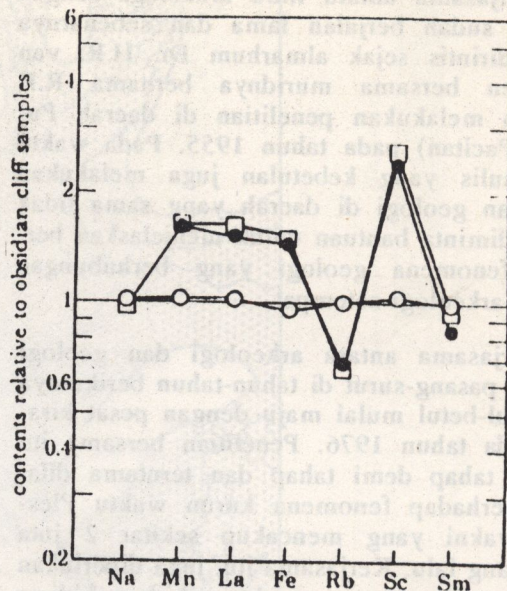
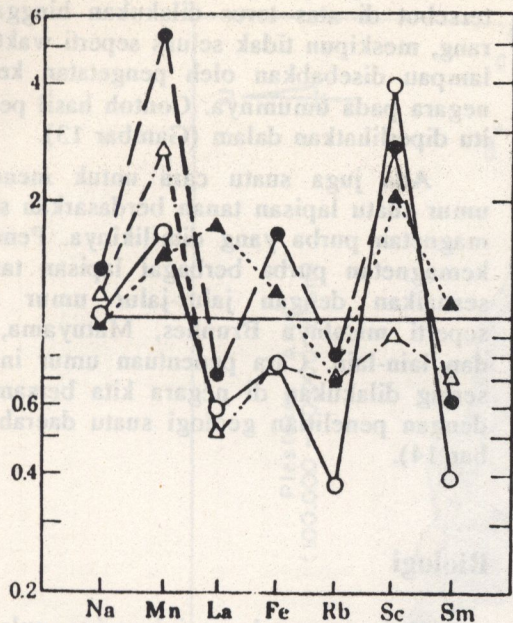
Melihat metoda ini memerlukan peralatan yang canggih dan pakar yang tangguh untuk mengoperasikannya maka rupa-rupanya metoda ini masih jauh penggunaannya di negara kita.

5. Metode Isotop Oksigen dan Timbal

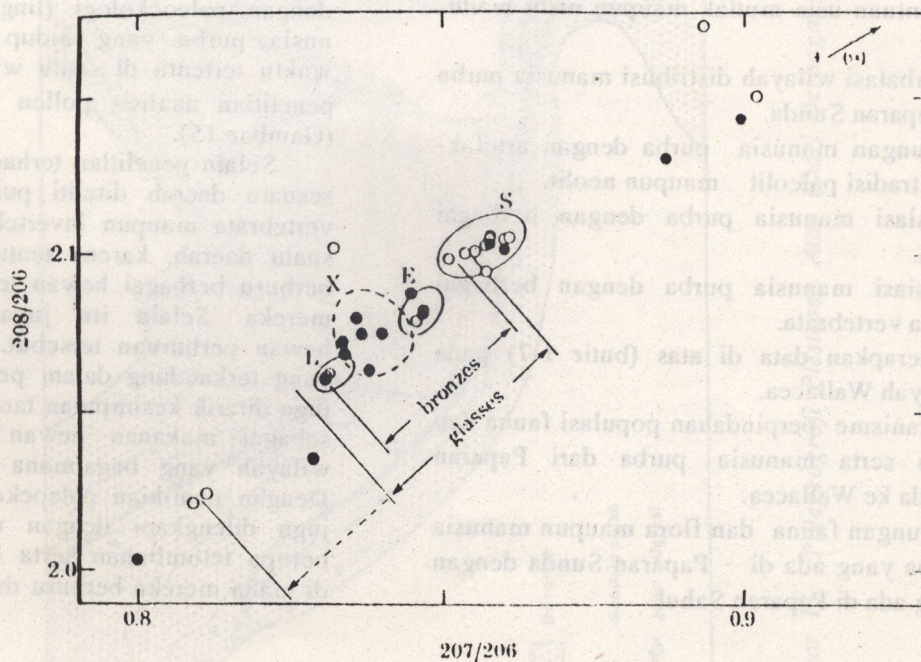
Dalam metoda ini digunakan isotop timbal ^{204}Pb , ^{206}Pb dan ^{208}Pb juga dengan isotop oksigen ^{16}O , ^{17}O dan ^{18}O . Komposisi kebanyakan isotop unsur adalah merata di alam, dengan kata lain keberadaan unsur tertentu di tempat yang berlainan atau dalam bentuk kimiawi yang berlainan, biasanya mengandung isotop yang proposional relatif sama.

Dengan penggunaan timbal juga dapat ditentukan usia geologis serta asalnya artefak, serta asal peleburan dan pembuatan suatu artefak. Artefak yang diteliti dengan metoda ini misalnya gelas, kaca, bahan kosmetika, cat dan berbagai alloy (campuran) yang mengandung timbal serta bahan korosi (*Corrosion*) yang kesemuanya sedikit atau banyak mengandung timbal. Metoda ini juga digunakan untuk memisahkan artefak satu dari yang lain, artefak mana secara tipologis dianggap sama asalnya (Gambar 12).

Dalam penelitian ini hanya sedikit saja bahan telitian yang diperlukan.



Gambar 11 Komposisi Obsidian yang Menunjukkan Daerah Asalnya yang Berlainan



Gambar 12 Kisaran Isotop Timba Berbagai Benda Arkeologi

Geologi

Kerjasama antara ilmu arkeologi dengan geologi sudah berjalan lama dan sebenarnya sudah dirintis sejak almarhum Dr. H.R. van Heekeren bersama muridnya bernama R.P. Soejono melakukan penelitian di daerah Punung (Pacitan) pada tahun 1955. Pada waktu itu penulis yang kebetulan juga melakukan penelitian geologi di daerah yang sama tidak jarang diminta bantuan untuk menjelaskan berbagai fenomena geologi yang berhubungan dengan arkeologi setempat.

Kerjasama antara arkeologi dan geologi berjalan pasang-surut di tahun-tahun berikutnya dan betul-betul mulai maju dengan pesat kira-kira pada tahun 1976. Penelitian bersama itu dimulai tahap demi tahap dan terutama dilakukan terhadap fenomena kurun waktu Ples-tosen, yakni yang mencakup sekitar 2 juta tahun yang lalu. Kerjasama itu, juga diperlukan diperluas dengan mencakup bidang-bidang biologi dan penentuan usia mutlak endapan dan batuan berdasarkan metode kemagnetan purba (*paleomagnetisma*). Untuk yang akhir ini dimintakan pertolongan pula dari laboratorium di Paris untuk membantu.

Tahapan penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Penentuan lokasi manusia purba
2. Menentukan berbagai tipe manusia purba
3. Penentuan usia mutlak maupun nisbi manusia
4. Membatasi wilayah distribusi manusia purba di Paparan Sunda.
5. Hubungan manusia purba dengan artefaknya, tradisi paleolit maupun neolit.
6. Asosiasi manusia purba dengan berbagai flora.
7. Asosiasi manusia purba dengan berbagai fauna vertebrata.
8. Menerapkan data di atas (butir 1-7) pada wilayah Wallacea.
9. Mekanisme perpindahan populasi fauna dan flora serta manusia purba dari Paparan Sunda ke Wallacea.
10. Hubungan fauna dan flora maupun manusia purba yang ada di Paparan Sunda dengan yang ada di Paparan Sahul.

Berbagai penelitian yang dilakukan seperti tersebut di atas terus dilakukan hingga sekarang, meskipun tidak seluas seperti waktu yang lampau disebabkan oleh pengetatan keuangan negara pada umumnya. Contoh hasil penelitian itu diperlihatkan dalam (Gambar 13).

Ada juga suatu cara untuk menentukan umur suatu lapisan tanah berdasarkan sifat kemagnetan purba yang dimilikinya. Pembalikan kemagnetan purba berbagai lapisan tanah disesuaikan dengan jalur-jalur umur tertentu seperti misalnya Brunhes, Matuyama, Gauss dan lain-lain. Cara penentuan umur ini sudah sering dilakukan di negara kita bersama-sama dengan penelitian geologi suatu daerah (Gambar 14).

Biologi

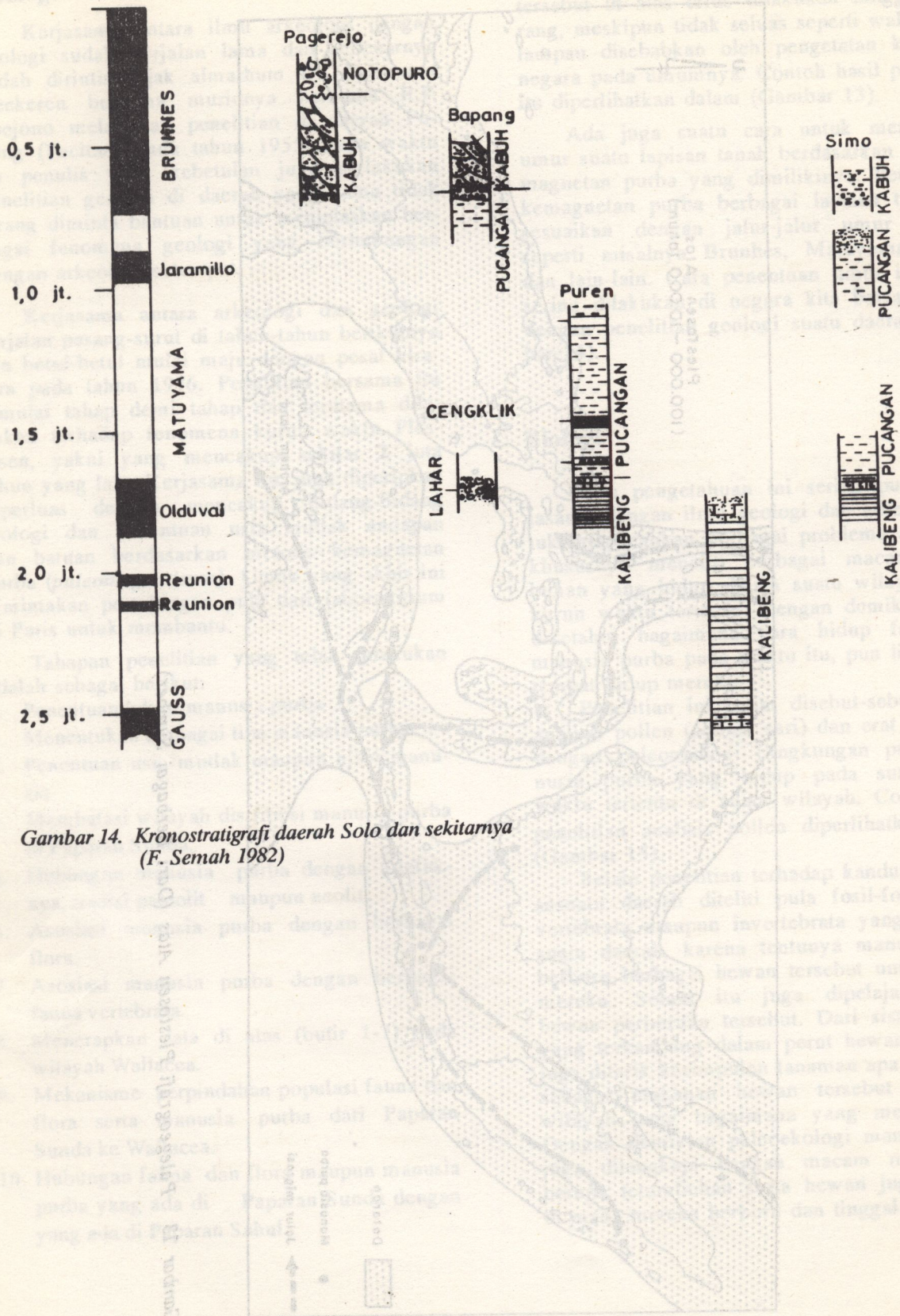
Ilmu pengetahuan ini sering pula bekerjasama dengan ilmu geologi dan arkeologi untuk memecahkan berbagai problema arkeologi, khususnya meneliti berbagai macam tetumbuhan yang hidup dalam suatu wilayah untuk kurun waktu tertentu. Dengan demikian dapat diketahui bagaimana cara hidup fauna dan manusia purba pada waktu itu, pun lingkungan tempat hidup mereka.

Penelitian ini lazim disebut-sebut dengan analisis pollen (serbuk sari) dan erat kaitannya dengan paleoekologi (lingkungan purba) manusia purba yang hidup pada suatu kurun waktu tertentu di suatu wilayah. Contoh hasil penelitian analisis pollen diperlihatkan dalam (Gambar 15).

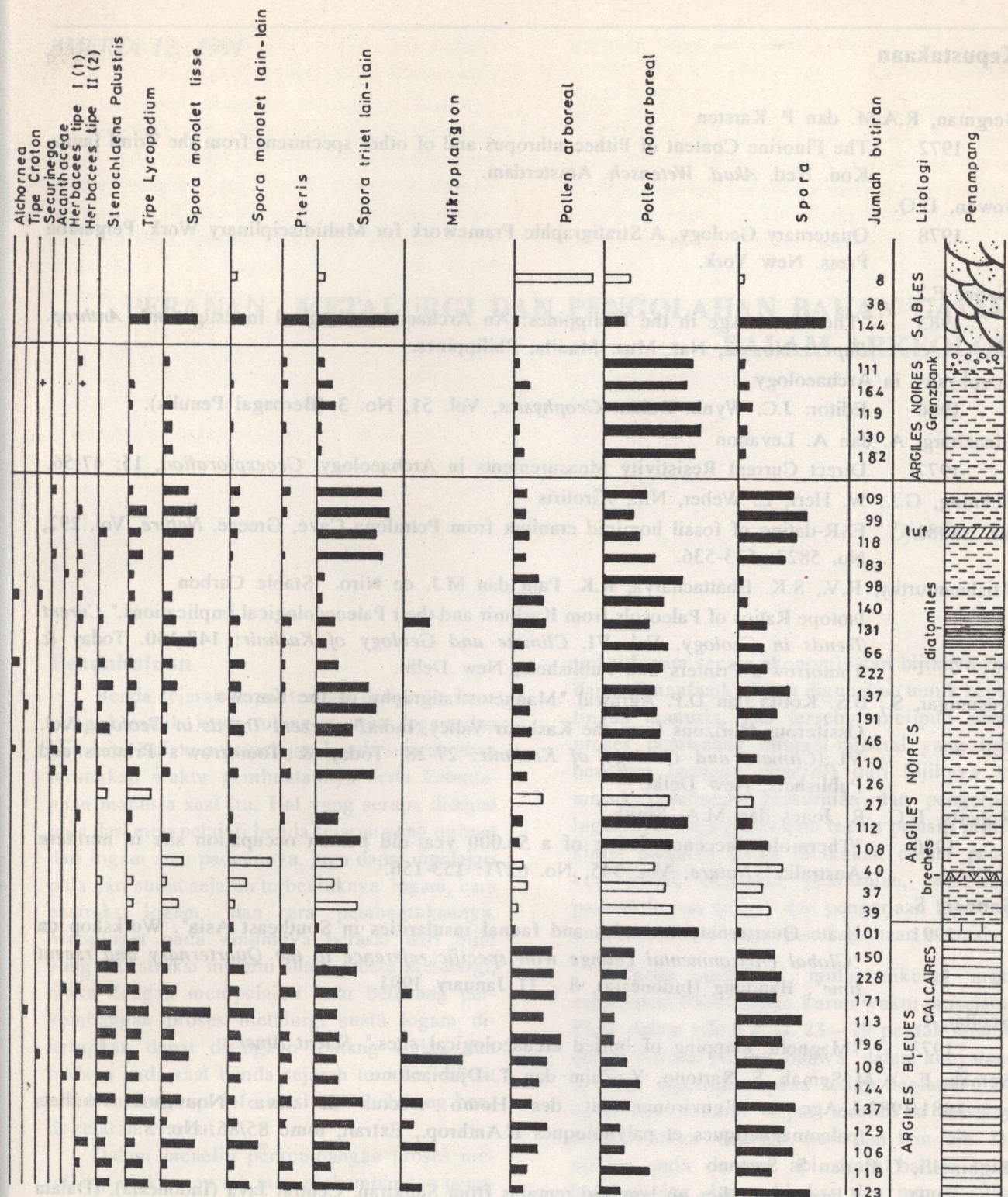
Selain penelitian terhadap kandungan flora sesuatu daerah diteliti pula fosil-fosil hewan vertebrata maupun invertebrata yang hidup di suatu daerah, karena tentunya manusia purba berburu berbagai hewan tersebut untuk makan mereka. Selain itu juga dipelajari evolusi hewan perburuan tersebut. Dari sisa makanan yang terkandung dalam perut hewan itu dapat juga ditarik kesimpulan tanaman apa digunakan sebagai makanan hewan tersebut dan juga wilayah yang bagaimana yang mereka huni. Dengan demikian paleoekologi manusia purba juga dilengkapi dengan macam makanannya berupa tetumbuhan serta hewan juga wilayah di mana mereka berburu dan tinggal.



Gambar 13 Paleogeografi Plestosen Atas (Dari Berbagai Sumber)



Gambar 14. Kronostratigrafi daerah Solo dan sekitarnya (F. Semah 1982)



Gambar 15. Diagram pollen daerah Sangiran
Sebagian dari tabel A-M. Semah 1982

Kepustakaan

- Bergman, R.A.M. dan P. Karsten
1972 The Fluorine Content of Pithecanthropus and of other specimens from the Trinil fauna. Kon. Ned. Akad. Wetensch. Amsterdam.
- Bowen, D.Q.
1978 Quaternary Geology. A Stratigraphic Framework for Multidisciplinary Work. Pergamon Press. New York.
- Dizon, E.Z.
1983 "The Metal Age in the Philippines: An Archaeometallurgical investigation". *Anthrop. Papers* No. 12, Nat. Mus. Manila, Philippines.
- Geophysics in Archaeology
1986 Editor: J.C. Wynn. Dalam *Geophysics*, Vol. 51, No. 3 (Berbagai Penulis).
- Ginazburg, A. dan A. Levanon
1977 Direct Current Resistivity Measurements in Archaeology. *Geoexploration*, 15: 47-56.
- Henning, G.J., W. Herr, E. Weber, N.I., Xirotiris
1981 ESR-dating of fossil hominid cranium from Petralona Cave, Greece. *Nature*, Vol. 292, No. 5823: 533-536.
- Krishnamurthy, R.V., S.K. Bhattacharya, R.K. Pant dan M.J. de Niro. "Stable Carbon Isotope Ratios of Paleosols from Kashmir and their Paleoecological implications." *Current Trends in Geology*, Vol. VI. *Climate and Geology of Kashnir*: 147-150. Today & Tomorrow's Printers and Publishers, New Delhi.
- Kusumgar, S., B.S. Kotlia dan D.P. Agrawal "Magnetostatigraphy of the Karewa Ossiferous Horizons from the Kashmir Valley, India." *Current Trends in Geology*, Vol. VI (*Climate and Geology of Kashmir*: 27-28. Today & Tomorrow's Printers and Publishers, New Delhi.
- Roberts, R.G., R. Jones dan M.A. Smith
1990 "Thermoluminescence dating of a 50.000 year-old human occupation site in northern Australia." *Nature*, Vol. 345, No. 6271: 153-156.
- Sartono, S.
1991 "Late Quarternary tectonics and faunal insularities in Southeast Asia". Workshop on "Global environmental change with specific reference to the Quarternary and recent time", Bandung (Indonesia), 8 - 11 January 1991.
- Scollar, I.
1973 "Magnetic mapping of buried archaeological sites." *Scient Amer*
- Semah, F., A-M Semah, S. Sartono, Y. Zaim dan T. Djubiantono
1981/1982 L'Age et l'environnement des Homo erectus de Java: Nouveaux resultats paleomagnetiques et palynologiques L'Anthrop., Extrait, tome 85/86. No. 3.
- Sighinolfi, G.P. dan S. Sartono
1991 Chemical studies on hominid remains from Sangiran, Central Java (Indonesia). (Dalam Penerbitan).
- Snow, B.E., J.M. d'Auria, R. Schutler Jr. dan J.G. Payne
1983 "Archaeological ceramic differentiation using trace element pattern." *Canadian Journ. Chemistry*, Vol. 61, no. 4: 769- 779.
- The impact of the Natural Sciences on Archaeology*. Oxford Univ. Press. London 1970. (Berbagai Penulis)

PERANAN METALURGI DAN PENGOLAHAN BAHAN GALIAN DALAM ARKEOLOGI

Djamhur Sule

Pendahuluan

Benda sejarah dapat terbuat dari batu, lempung, keramik, kayu, tulang maupun logam dan lain-lain. Dalam mempelajari benda sejarah akan terungkap waktu pembuatannya serta kebudayaan manusia saat itu. Hal yang serupa didapat pula dari mempelajari benda sejarah yang terbuat dari logam atau paduannya, juga dapat dipelajari pula dari sudut sejarah terbentuknya logam, cara ekstraksi logam dan cara pembentukannya. Mengingat pada umumnya berasal dari bijih yang diekstraksi melalui suatu proses metalurgi, maka dengan mempelajari latar belakang perkembangan proses metalurgi suatu logam diharapkan dapat disingkap tentang waktu dan budaya pada saat benda sejarah tersebut dibuat untuk melengkapi informasi latar belakang benda sejarah tersebut.

Dalam meneliti perkembangan proses metalurgi maka mau tak mau perkembangan pengolahan bahan galianpun akan turut "berbicara" untuk melengkapi informasi bidang sejarah bersangkutan.

Logam dan Sejarahnya

Metalurgi menurut Bray⁵⁾ dapat didefinisikan sebagai Seni (*art*) dan Ilmu (*science*) eks-

traksi logam secara ekonomis dari bijihnya yang dapat dimanfaatkan atau digunakan untuk kepentingan manusia. Hal tersebut meliputi semua proses pemisahan mineral-mineral yang tidak berharga (*gangue mineral*) dari bijihnya termasuk peleburan, pemurnian dan pengerjaan logamnya. Juga penerapan teknis prinsip-prinsip kimia dan/atau fisika dilakukan dalam proses konsentrasi, ekstraksi, pemurnian, pembuatan paduan logam (*alloy*) dan pengerjaan logamnya untuk memenuhi keperluan/kegunaan manusia.

Kapan metalurgi mulai dikenal masih merupakan kabut dalam kurun waktu prasejarah. Pliny dalam tahun A.D. 23 – 79 pernah menulis dalam *Natural History* bahwa "dalam kenyataannya api diperlukan pada setiap kegiatan". Dengan api mineral dapat teruraikan misalnya menghasilkan tembaga, besi dan lain-lain. Demikian pula dengan api suatu batuan misal batugamping dapat dibakar dan menghasilkan kapur tohor yang kemudian dapat dijadikan bahan pengikat dalam pembuatan dinding rumah sebagai kapur padam.

Dalam tahun 1540 buku pertama yang dicetak yang menyinggung bidang metalurgi adalah *Pirotechnia* dan diterbitkan di Itali. Enam belas tahun kemudian Georgius

Agricola^{5) 19)} (1494-1555) menulis *De Re Metallica* (1556).

Pitrotechnia kemudian diterjemahkan oleh Cyril S. Smith dan diterbitkan oleh AIME (The American Institute of mining and Metallurgical Engineering) sedangkan *De Re Metallica* diterjemahkan oleh Herbert dan Mrs. Hoover. Penemuan logam oleh manusia ternyata masih gelap. Akan tetapi (native metal), maka oleh sebab itu mungkin emas adalah logam yang pertama yang ditemukan manusia. Lagi pula emas mempunyai sifat halus, menarik (*attractive*) dan berat selain tahan korosi dalam udara. Karena sifat halus dan lunak maka emas juga sering digunakan sebagai perhiasan dan tidak digunakan sebagai alat atau senjata. Permulaan metalurgi kemungkinan besar dimulai pada saat manusia purba membuat unggun api, dan ini dapat terlihat pada bekas unggun api purba yang mengandung butiran-butiran logam mengkilap yang ternyata adalah logam tembaga. Hal ini terjadi karena adanya reduksi pada tanah yang mengandung mineral tembaga oksida oleh karbon atau karbon monoksida yang berasal dari unggun api tersebut. Karena keinginan tahunya manusia purba pada saat itu maka dilakukan uji coba ulang yang ternyata berhasil. Karena keberhasilan tersebut maka percobaannya ditingkatkan prosesnya dan dicoba untuk mereduksi bijih untuk memperoleh timbal. Timbal mungkin logam pertama yang dihasilkan dengan reduksi dari bijihnya, dan menyusul timah lalu kemudian besi. Secara kebetulan dilakukan pula usaha pencampuran antara beberapa logam (*alloy*) dan perunggu (merupakan campuran antara tembaga dan timah) ditemukan pada awal tahun 3500 SM.

Manusia purba pada saat itu telah mempelajari bagaimana membuat api yang cukup panas untuk dapat melelehkan logam yang ditaruh dalam suatu tempat terbuat dari tanah. Orang Romawi menamakan tempat tersebut sebagai *Crucibuli*¹⁾ dan saat ini disebut "Crucibles".

Orang pada saat itu menemukan juga bahwa lelehan logam dapat dituang melalui lubang dua keping benda cetak yang terbuat dari tanah liat atau batu, di mana setelah bahan yang dituangkan melalui lubang itu mendingin akan diperoleh benda yang sesuai dengan bentuk

cetakan tadi. Arkeolog menemukan pedang dan ujung panah purba terbuat dengan cara ini.

Seni pencampuran logam kemudian berkembang sampai tingkat dimana diperoleh apa yang dinamakan paduan logam atau *alloy*. Seperti dikemukakan di atas mungkin paduan logam pertama yang dibuat adalah perunggu yaitu berupa campuran antara tembaga dan timah dengan perbandingan 10 : 1. Pekerja-pekerja pada saat itu mengetahui bahwa paduan logam tersebut akan lebih keras jika jumlah timah ditambah. Oleh sebab itu perbandingan timah dalam perunggu tersebut dapat bermacam-macam untuk disesuaikan dengan keperluannya.

Robert E. Peary¹⁾ sewaktu mengadakan eksplorasi di Greenland pada tahun 1894 melaporkan tentang seorang Eskimo yang membawa dia ke tempat dekat Cape York di mana ditemukan tiga massa logam meteorit. Orang Eskimo menamakannya *Saviksue* atau "the great iron". Salah satu meteorit itu beratnya 30 ton dan terdiri dari besi, nikel dan kobalt. Meteorit itu kini tersimpan di Hayden Planetarium di Amerika.

Meskipun meteorit yang besar jarang jatuh ke bumi tetapi meteorit kecil sering ditemukan dan biasanya sebagian besar mengandung besi, nikel sekitar 8% dan sedikit kobalt.

Tidak disangsikan lagi bahwa perubahan kebudayaan manusia purba dari jaman batu ke jaman besi karena penemuan serta penggunaan meteorit tersebut. Namun pada saat ini meteorit tidak lagi merupakan sumber untuk logam besi.

Tembaga sering pula ditemukan dalam bentuk logam alami. Massa tembaga terbesar ditemukan di Minnesota di Amerika Utara pada tahun 1857 yang mempunyai berat 420 ton. Kebanyakan logam, terkecuali beberapa logam alami, ditemukan di alam dalam bentuk mineral atau bijih dimana logam tersebut berada dalam bentuk gugusan dengan unsur lainnya dan secara visual sering tidak menunjukkan sifat-sifat logamnya dan malahan ada yang terlihat seperti tanah saja.

Karat besi merupakan gugusan kimia yang mengandung besi demikian pula karat tembaga adalah gugusan kimia yang mengandung tembaga dan terjadi bilamana besi atau tembaga ada dalam udara atau air laut dalam waktu yang lama.

Lomonosov (1711 – 1765)¹⁹⁾ merupakan penemu ilmu metalurgi di Rusia dan buku pertama di negara itu mengenai metalurgi berjudul *Fundamental of Metallurgy or Mining* (1763). Dialah yang pertama-tama menerangkan tentang segala oksidasi suatu metal. Ia membuktikan dalam percobaannya bahwa yang mengakibatkan proses oksidasi adalah udara dan bukan bahan bakarnya.

Dari waktu ke waktu cara memproduksi logam atau paduan logam tidak lagi memenuhi keinginan dan kebutuhan manusia, maka Sir Henry Bessemer dalam tahun 1855 menemukan proses baru untuk membuat baja dan ini merupakan awal kebudayaan baru yang lazim disebut revolusi industri.

Bidang metalurgi dapat dibagi dalam dua bagian yaitu metalurgi produksi atau metalurgi ekstraksi, dan metalurgi fisika atau metalurgi "adaptive".

Metalurgi ekstraksi meliputi konsentrasi bijih, peleburan logam termasuk pula pengambilan produk samping (*by product*) seperti misalnya emas, perak, platina, arsen dan antimon. Sedangkan metalurgi fisika berkaitan dengan fabrikasi serta pembentukan dan pengerjaan metalnya sendiri. Oleh sebab itu pembagian bidang metalurgi⁵⁾ adalah sebagai berikut:

1. Metalurgi ekstraksi atau metalurgi kimia atau metalurgi produksi yang terbagi menjadi:
 - a. Konsentrasi atau pengolahan bahan galian atau "ore dressing" atau "mineral processing"
 - b. Pirometallurgi atau peleburan
 - c. Hydrometallurgi atau pelarutan
 - d. Elektrometallurgi yang dibagi lagi menjadi:
 - Elektrolisa
 - Elektrotermik
2. Metalurgi fisika atau metalurgi "adaptive" yang terbagi menjadi:
 - a. Metallografi dan "heat treatment"
 - b. Analisa sinar X
 - c. "Physical testing"
 - d. "Protective coatings" dan korosi
 - e. "Mechanical working"

Ilmu arkeologi sebaiknya mengetahui pula tentang pengertian metalurgi awal yang dapat

meliputi Konsentrasi atau Pengolahan Bahan Galian, Pirometallurgi dan beberapa macam proses lain yang termasuk dalam metalurgi fisika sederhana.

Untuk memperoleh logam dari bijihnya diperlukan bijih berkadar logam tinggi. Akan tetapi bijih yang berkadar logam tinggi di alam sangat jarang dan sulit untuk diperoleh. Mengingat dalam proses ekstraksi logam diperlukan kadar logam yang relatif tinggi maka mulai berkembang proses pengolahan bahan galian, di mana dengan proses ini bijih yang berkadar logam rendah dapat ditingkatkan kadar logamnya tanpa menggunakan perubahan sifat kimianya dan hanya menggunakan perbedaan sifat fisik mineral-mineralnya yang terkandung dalam bijih tersebut, misalnya proses konsentrasi gravitasi, pemisahan magnetis, pemisahan elektrostatis dan pemisahan memakai proses flotasi dan lain-lain.

Sumber Logam

Logam umumnya berasal dari mineral bijih, yaitu mineral yang mengandung logam berharga. Akan tetapi emas, tembaga dan perak dapat ditemukan pula dalam bentuk logam alami, disamping besi yang berasal dari meteorit. Bijih menurut Newton¹⁵⁾ dapat didefinisikan sebagai agregat mineral di alam yang darinya dapat diekstraksi satu logam atau beberapa logam dengan menguntungkan.

Istilah menguntungkan berarti adanya faktor yang menentukan apakah suatu bahan galian dapat dimasukkan dalam kelompok bijih atau batuan biasanya yang tidak berharga. Pernyataan singkat di atas menyangkut studi yang rinci tidak saja mengenai proses ekstraksi metalurginya akan tetapi menyangkut pula studi mengenai geologi, geografi, penambangan, pengolahan dan ekonominya. Di samping mineral bijih ada pula mineral-mineral yang tidak mengandung metal. Mineral tersebut dinamakan mineral industri.

Dipandang dari sudut metalurgi bijih dapat diklasifikasikan dalam 3 kelompok⁶⁾ yaitu:

- (1) bijih "native"
- (2) bijih oksida
- (3) bijih sulfida

Terminologi lain⁶⁾ dalam menggambarkan bijih dan sering pula dipakai dalam bidang metalurgi adalah "straight ores" atau "simple ores", "free milling ores", bijih kompleks dan bijih refraktori".

Kebanyakan logam mempunyai afinitas yang besar terhadap oksigen dan sulfur. Oleh

karenanya maka di alam jarang ditemukan logam alami. Bila ada logam alami ditemukan maka yang sering dijumpai logam-logam berupa perak, emas, tembaga, platina dan air raksa.

Dalam kelompok bijih oksida termasuk pula berbagai oksida, karbonat dan silikat yang biasanya terdapat dekat mukabumi. Sedangkan bijih sulfida merupakan bijih yang sangat penting dan ditemukan terbanyak pada saat ini. Yang dimaksud dengan "straight ores" atau "simple Ores" adalah bijih yang mengandung hanya satu logam saja misalnya tembaga, besi, emas atau perak. Sedangkan yang dimaksud dengan "free milling ores" adalah bijih emas atau perak yang mempunyai kadar cukup untuk dapat diperoleh logamnya hanya dengan proses sederhana seperti peremukan (*crushing*) dan amalgamasi. Suatu bijih dinamakan bijih kompleks bilamana bijih ini mengandung lebih dari satu logam dan dapat diekstraksi dengan menguntungkan. Misalnya bijih yang mengandung PbS dan ZnS. Sedangkan bijih refraktori adalah bijih di mana untuk memperoleh logamnya tidak dapat menggunakan cara metalurgi yang sederhana.

Pada umumnya untuk memperoleh logam dari bijihnya (proses ekstraksi) diperlukan dahulu pemisahan mineral yang berharga dari mineral yang tidak berharga (*gangue mineral*). Untuk menyingkap tabir benda sejarah yang terbuat dari logam sebaiknya diperlukan pula wawasan mengenai bijih, cara konsentrasi, cara ekstraksi logamnya, paduan (*alloy*) dan pengerjaannya. Benda sejarah yang terbuat dari logam yang sering ditemukan²⁾, juga yang ditemukan di Indonesia¹⁶⁾, kebanyakan mengandung logam tembaga, besi, timah, timbal, zinc, emas ataupun perak, terutama dalam bentuk paduan (*alloy*) seperti perunggu, kuningan, baja dan lain-lain.

a. Bijih Tembaga^{8) 10) 15)}

Tembaga dapat ditemukan di alam dalam bentuk logam yang disebut tembaga alami (*Native Copper*), akan tetapi yang sangat banyak ditemukan adalah tembaga dalam bentuk bijih. Mineral utama untuk tembaga umumnya adalah chalcopyrite (CuFeS_2), meskipun demikian ditemukan pula chalcocite (Cu_2S) sebagai sumber primer dari tembaga. Beberapa mineral tembaga sulfida yang penting adalah:

Chalcocite	Cu_2S	79,8% cu
Covellite	CuS	66,4% cu
Bornite	Cu_3FeS_3	55,5% cu

Enargite	Cu_3AsS_4	48,3% cu
Chalcopyrite	CuFeS_2	34,5% cu

Perlakuan air permukaan pada mineral sulfida menghasilkan mineral tembaga oksida dan biasanya terdapat pada lapisan atas dari endapan bijih tembaga tersebut. Mineral tembaga oksida yang penting adalah:

Cuprite	Cu_2O	88,8% cu
Melaconite atau tenorite	CuO	79,8% cu
Malachite	$\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$	57,3% cu
Azurite	$2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$	55,1% cu
Chrysocolla	$\text{CuSiO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	37,9% cu

b. Bijih Besi^{8) 10) 15)}

Mineral utama yang mengandung besi adalah:

Hematite	Fe_2O_3	70,0% Fe
Magnetite	Fe_3O_4	72,4% Fe
Limonite	$\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	59-63% Fe
Siderite	FeCO_3	48,2% Fe

Magnetite adalah mineral magnetik. Hematite dan limonite yang berkadar tinggi merupakan mineral utama dalam pembuatan besi sedangkan siderite tidak digunakan sebagai sumber untuk pembuatan besi.

c. Bijih Timah^{8) 10)}

Mineral utama dari timah adalah cassiterite (SnO_2) dimana secara teoritis mineral ini mengandung 78,6% Sn. Bijih timah ditemukan di alam dalam urat bijih (*vein*) dan alluvial atau placer. Di samping itu ditemukan pula mineral timah sulfida seperti mineral stannite ($\text{FeCu}_2\text{SnS}_4$) dan telite (PbSnS_2).

Logam yang sering berasosiasi dengan cassiterite adalah tungsten, kadang-kadang timbal, zinc dan tembaga.

d. Bijih Timbal^{8) 15)}

Satu-satunya mineral timbal yang penting adalah galena (PbS) sedangkan mineral anglesite (PbSO_4) dan Cerussite (PbCO_3) jarang dikategorikan sebagai sumber timbal yang ekonomis dan terdapat biasanya pada bagian atas bijih timbal tersebut. Biasanya mineral galena berasosiasi dengan mineral sulfida lainnya dan umumnya mengandung

perak. Kadar timbal dalam mineral-mineral tersebut secara teoritis adalah sebagai berikut:

Galena	PbS	86,6% Pb
Cerussite	PbCO ₃	77,5% Pb
Anglesite	PbSO ₄	68,3% Pb

Bijih timbal kadang-kadang mengandung zinc yang lebih banyak, oleh sebab itu bijih semacam ini dinamakan bijih PbZn dan merupakan sumber timbal maupun zinc.

e. Bijih zinc ^{6) 8) 15)}

Mineral zinc yang penting adalah sphalerite (ZnS) dan biasa disebut pula "Zinc blende", "blende", "black jack" atau "rosin jack" tergantung dari warnanya. Mineral ini merupakan sumber logam zinc yang utama dan mengandung 67% Zn. Selain mineral sulfida yang penting adalah:

Zincite	ZnO	80% Zn
Franklinite	ZnO. (Fe,Mn) ₂ O ₃	±22% Zn
Smithsonite	ZnCO ₃	52,14% Zn
Willemite	Zn ₂ SiO ₄	58,61% Zn
Calamine	Zn ₂ (OH) ₂ SiO ₃	47,58% Zn

Smithsonite dan Calamine sering terdapat pada bagian oksidasi dari bijih aphalerite. Sedangkan Zincite, Willemite dan Franklinte hanya diketemukan di dekat Franklin, New Jersey. Mungkin bijih ini satu-satunya yang tidak mengandung zinc sulfida dan juga tidak mengandung timbal yang biasanya terdapat bersama-sama zinc.

Logam

Logam menurut kamus Siegfried Mandel¹³⁾ adalah sekelompok unsur yang dibedakan dari kelompok non logam berdasarkan sifat-sifat fisiknya seperti "ductile", "malleable", kekerasan, konduktivitas, kilap dan kemampuan membentuk paduan (*alloy*). Bilamana oksidasi logam bersatu dengan air maka akan menghasilkan basa, di samping itu suatu logam akan segera melepaskan electron-electronnya untuk membentuk valensi positif. Kuznetsov¹⁰⁾ mengelompokkan logam dalam beberapa kelompok seperti terlihat pada tabel I. Dari 55 logam yang dikelompokkan oleh ahli kimia maka hanya ada 25 logam⁶⁾ yang penting bagi ahli metallurgi yaitu:

Aluminium	Besi	Perak
Antimon	Timbal	Natrium

Bismut	Magnesium	Tantalium
Cadmium	Mangan	Timah
Chrom	Air Raksa	Tungsten
Cobalt	Molydenim	Vanadium
Tembaga	Nikel	Zinc
Emas	Platina	
Iridium	Kalium	

Menurut penulis dari 25 logam tersebut di atas yang perlu mendapat perhatian dalam mempelajari benda sejarah yang terbuat dari logam atau paduannya adalah:

Tembaga	Air Raksa	Nikel
Emas	Platina	Cobalt
Besi	Perak	Timbal
Timah	Mangan	Zinc

Sifat fisik beberapa logam, dapat dilihat pada Tabel II

Tabel I Klasifikasi Logam

Grup	Unsur
Besidan Baja	Besi dsn alloynya
Logam Bukan Besi	
a. Logam Berat	Cu, Ni, Pb, Zn, Sn
b. Logam Ringan	Al, Mg, Be, Li, Ba, Ca, Sr, K, Na, Rb, Cs
c. Logam Mulia ("Nobel" atau "Precious")	Au, Ag, Pt, Os, Ds, Ir, Ru, Rh, Pd
d. Logam Minor ("Secondary")	As, Sb, Bi, Cd, Hg, Co
e. Logam Refraktori	W, Mo, Ta, Nb, Ti, Zr, V
f. Logam "Scattered"	Ge, In, Ga, Tl, Hf, Re
g. Logam Radioaktif	Ra, Ac, Th, Pa, U
h. Logam Jarang (Rare earth)	Y, La, Ce, Nd, Pr, Sm, Gd, Dy, Er, Yb, Pm, Eu, Tb, Ho, Tu, Lu, Sc
i. Ferro-alloy	Cr, Mn

Proses Ekstraksi Logam

Seperti diutarakan dalam bab sebelumnya, cara ekstraksi logam dapat bermacam-macam yaitu melalui proses Pirometallurgi, Hydrometallurgi atau Elektrometallurgi. Dua proses terakhir merupakan proses ekstraksi logam yang dikategorikan dengan menggunakan teknologi agak maju sedangkan proses ekstraksi logam dengan Pirometallurgi dapat menggunakan tek-

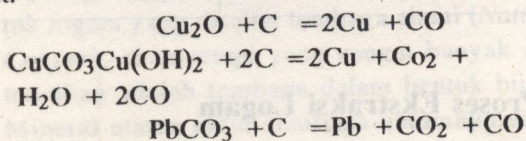
nologi sederhana maupun teknologi maju.

Dalam mempelajari benda sejarah perlu pula dilakukan korelasi dengan teknologi ekstraksi logamnya sehingga dengan begitu akan lebih memudahkan interpretasi perkembangan budaya manusianya. Meskipun demikian dapat diperkirakan bahwa yang banyak membantu usaha tersebut di atas ialah proses ekstraksi logam yang relatif sederhana. Manusia purba memperoleh logam yang berasal dari endapan bijih yang mengandung logam alami, oksida atau karbonat yang ada di mukabumi, yaitu dengan cara memanaskan endapan bijih

Tabel II⁶⁾ Sifat Fisik Beberapa Logam

LOGAM	TTIKLELEH°C	BERATJENIS
AirRakso	- 39	13,6
Timah	232	7,3
Timbal	328	11,4
Zinc	419	7,1
Aluminium	659	25,6
Perak	960	10,5
Emas	1063	19,3
Tembaga	1083	8,8
Nikel	1452	6,7
Chromium	1510	6,8
Besi	1520	7,86
Platina	1755	21,5

tersebut bersama-sama dengan arang kayu. Logam yang diperoleh dengan cara itu berupa hasil reduksi yang sederhana, contohnya sebagai berikut:



Didasarkan pada cara-cara di atas, maka untuk bijih sulfida yang biasanya terdapat lebih dalam dari bijih oksida maka dalam memperoleh logamnya itu diusahakan dengan merubah bijih sulfida tersebut menjadi gugusan oksida. Proses ini dinamakan "roasting" atau pemanggangan. Pada mulanya pemanggangan dilakukan pada

bongkah-bongkah bijih di udara terbuka. Akan tetapi kemudian dikembangkan dengan cara dipasangnya dinding-dinding sekelilingnya yang kemudian dinamakan "stalls". Kemudian dikembangkan lagi dengan dipasangnya tutup sehingga dihasilkan apa yang dinamakan "kiln" atau dapur. Setelah bongkah-bongkah sulit diperoleh maka dengan bantuan proses pengolahan bahan galian akan diperoleh bijih berkadar tinggi tetapi, berbutir halus, sehingga untuk pemanggangannya digunakan "multiple hearth roaster" dan ini merupakan alat standard untuk pemanggangan.

Peleburan adalah proses reduksi mineral bijih atau konsentrat agar supaya diperoleh logamnya. Bijih atau konsentrat tersebut dapat berupa hasil pemanggangan ataupun yang belum. Dengan perkataan lain dalam peleburan diusahakan agar dari bijih atau konsentrat tersebut dapat dipisahkan lelehan logamnya dari lelehan material ganguanya yang disebut "slag". Untuk maksud di atas biasanya dilakukan dengan bantuan reduktor dan "flux". "Flux" adalah suatu material yang ditambahkan dalam peleburan agar supaya dapat menurunkan titik lelehan material ganguanya, yang pada umumnya mempunyai titik leleh tinggi, sehingga dengan begitu dapat dipisahkan dari lelehan logamnya. Contoh "flux" misalnya batu gamping dalam peleburan bijih besi.

Untuk memperoleh gambaran mengenai ekstraksi logam, akan ditinjau beberapa logam, di antaranya:

a. Logam Tembaga

Tembaga merupakan logam pertama yang diketahui manusia yaitu kira-kira pada tahun 13.000 SM⁵⁾. Logam itu dalam bentuk tembaga alami, yang kemudian berkembang dalam pemakaiannya karena logam tersebut mempunyai sifat mudah ditempa dan dibentuk selain mempunyai warna yang menarik. Oleh karena logam tembaga alami sulit didapat, maka orang mulai mencari logam ini yang berasal dari bijihnya, terutama yang mudah diperoleh di mukabumi.

Orang Mesir telah membuat pisau dan senjata yang terbuat dari logam tembaga kira-kira pada tahun 8000 yang lalu sedangkan pembuatan pipa telah dilakukan pada sekitar tahun 2750 SM. Kaca perunggu mungkin dibuat sekitar 1800 SM.

Peleburan bijih tembaga oksida dilakukan dalam "blast furnace" atau tanur tiup dan ini merupakan proses yang sederhana di mana tembaga yang diperoleh sudah dalam bentuk

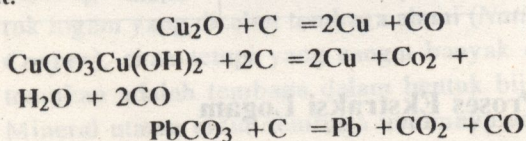
nologi sederhana maupun teknologi maju.

Dalam mempelajari benda sejarah perlu pula dilakukan korelasi dengan teknologi ekstraksi logamnya sehingga dengan begitu akan lebih memudahkan interpretasi perkembangan budaya manusianya. Meskipun demikian dapat diperkirakan bahwa yang banyak membantu usaha tersebut di atas ialah proses ekstraksi logam yang relatif sederhana. Manusia purba memperoleh logam yang berasal dari endapan bijih yang mengandung logam alami, oksida atau karbonat yang ada di mukabumi, yaitu dengan cara memanaskan endapan bijih

Tabel II⁶⁾ Sifat Fisik Beberapa Logam

LOGAM	TTIKLELEH°C	BERATJENIS
AirRakso	- 39	13,6
Timah	232	7,3
Timbal	328	11,4
Zinc	419	7,1
Aluminium	659	25,6
Perak	960	10,5
Emas	1063	19,3
Tembaga	1083	8,8
Nikel	1452	6,7
Chromium	1510	6,8
Besi	1520	7,86
Platina	1755	21,5

tersebut bersama-sama dengan arang kayu. Logam yang diperoleh dengan cara itu berupa hasil reduksi yang sederhana, contohnya sebagai berikut:



Didasarkan pada cara-cara di atas, maka untuk bijih sulfida yang biasanya terdapat lebih dalam dari bijih oksida maka dalam memperoleh logamnya itu diusahakan dengan merubah bijih sulfida tersebut menjadi gugusan oksida. Proses ini dinamakan "roasting" atau pemanggangan. Pada mulanya pemanggangan dilakukan pada

bongkah-bongkah bijih di udara terbuka. Akan tetapi kemudian dikembangkan dengan cara dipasangnya dinding-dinding sekelilingnya yang kemudian dinamakan "stalls". Kemudian dikembangkan lagi dengan dipasangnya tutup sehingga dihasilkan apa yang dinamakan "kiln" atau dapur. Setelah bongkah-bongkah sulit diperoleh maka dengan bantuan proses pengolahan bahan galian akan diperoleh bijih berkadar tinggi tetapi, berbutir halus, sehingga untuk pemanggangannya digunakan "multiple hearth roaster" dan ini merupakan alat standard untuk pemanggangan.

Peleburan adalah proses reduksi mineral bijih atau konsentrat agar supaya diperoleh logamnya. Bijih atau konsentrat tersebut dapat berupa hasil pemanggangan ataupun yang belum. Dengan perkataan lain dalam peleburan diusahakan agar dari bijih atau konsentrat tersebut dapat dipisahkan lelehan logamnya dari lelehan material gangunya yang disebut "slag". Untuk maksud di atas biasanya dilakukan dengan bantuan reduktor dan "flux". "Flux" adalah suatu material yang ditambahkan dalam peleburan agar-supaya dapat menurunkan titik lelehan material gangunya, yang pada umumnya mempunyai titik leleh tinggi, sehingga dengan begitu dapat dipisahkan dari lelehan logamnya. Contoh "flux" misalnya batu gamping dalam peleburan bijih besi.

Untuk memperoleh gambaran mengenai ekstraksi logam, akan ditinjau beberapa logam, di antaranya:

a. Logam Tembaga

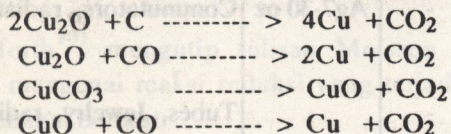
Tembaga merupakan logam pertama yang diketahui manusia yaitu kira-kira pada tahun 13.000 SM⁵⁾. Logam itu dalam bentuk tembaga alami, yang kemudian berkembang dalam pemakaiannya karena logam tersebut mempunyai sifat mudah ditempa dan dibentuk selain mempunyai warna yang menarik. Oleh karena logam tembaga alami sulit didapat, maka orang mulai mencari logam ini yang berasal dari bijihnya, terutama yang mudah diperoleh di mukabumi.

Orang Mesir telah membuat pisau dan senjata yang terbuat dari logam tembaga kira-kira pada tahun 8000 yang lalu sedangkan pembuatan pipa telah dilakukan pada sekitar tahun 2750 SM. Kaca perunggu mungkin dibuat sekitar 1800 SM.

Peleburan bijih tembaga oksida dilakukan dalam "blast furnace" atau tanur tiup dan ini merupakan proses yang sederhana di mana tembaga yang diperoleh sudah dalam bentuk

logam yang mengandung 95-98% Cu, sedangkan pengotornya yang masih terbawa dalam logam tersebut adalah S, AS, Ag, Au dan Fe. Sudah barang tentu tembaga yang diperoleh dengan proses ini belum dapat dipakai langsung untuk industri kecuali pada jaman dahulu dimana proses pemurnian belum banyak diketahui.

Bijih tembaga oksida yang dilebur dalam tanur tiup dengan bantuan kokas dan "flux" yang tepat akan menghasilkan logam tembaga. Reaksi utama yang terjadi adalah sebagai berikut:



Bila gangue mineralnya adalah silikat, maka mineral ini akan bereaksi dengan CaO dan FeO (dari bijih) untuk membentuk "Calcium Iron Silicate" yang berupa slag.

Tanur tiup saat ini jarang dipakai lagi dan diganti dengan tanur "Reverberatory". Peleburan bijih tembaga sulfida dapat dilakukan dalam tanur tiup maupun tanur reverberatory, akan tetapi proses yang terjadi berbeda sekali.

Sulfur tidak saja bertindak sebagai bahan bakar yang akan menjadi SO₂ akan tetapi juga bertindak sebagai "pengikat" tembaga dan akan menghasilkan sulfida tembaga dan besi yang disebut "matte". Matte ini tidak larut dalam slag dan mempunyai berat jenis yang lebih tinggi, sehingga dapat dengan mudah dipisahkan dari slagnya.

Matte ini kemudian dapat dijadikan logam tembaga dalam "converter" dan kemudian dimurnikan dengan menggunakan api maupun cara elektrolisa. Gambaran mengenai cara ekstraksi dari macam-macam bijih tembaga, dapat dilihat dalam Gambar 1⁸⁾.

Logam tembaga sangat penting mengingat mempunyai sifat-sifat sebagai berikut:

1. Mempunyai sifat konduktivitas listrik yang tinggi
2. Tahan terhadap korosi
3. Mempunyai konduktivitas panas yang baik
4. Dengan Zn mudah membentuk paduan yang disebut kuningan dimana paduan ini tahan korosi, agak kuat dan elastik
5. Dengan timah juga membentuk paduan seperti di atas yang dinamakan perunggu
6. Mempunyai nilai "bekas" (*scrap*) yang tinggi.

Pada setiap paduan logam tembaga maka bagian yang terbesar adalah logam tembaga-

nya, sedangkan selebihnya adalah Zn, Pb, Ni dan Sn atau unsur lainnya.

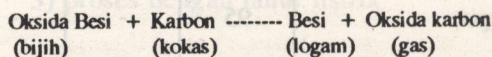
Paduan ini sangat penting karena mempunyai sifat-sifat tahan korosi, dapat dilakukan dengan pengerjaan panas (650° C - 900° C) maupun dingin, mempunyai konduktivitas listrik dan panas yang tinggi, dapat dilas, disolder dan digosok.

Paduan logam tembaga dapat berupa kuningan maupun perunggu. Macam-macam paduan serta komposisinya serta kegunaannya dapat dilihat Tabel III⁵⁾. Uang perunggu Inggris mempunyai komposisi yang dapat menunjukkan waktu dibuatnya seperti tertera pada Tabel IV¹⁾.

b. Logam Besi

Sejarah tidak mencatat kapan besi mulai ditemukan. Hal ini disebabkan karena logam ini mudah terkorosi dalam udara. Akan tetapi orang Mesir kemungkinan telah menggunakan besi dalam bangunan piramidanya kira-kira pada tahun 4000 SM, dan ada bukti yang jelas ditemukan bahwa orang Hebrews dan Assyrians telah menggunakan besi pada kira-kira tahun 1500 SM. Besi yang diperoleh saat itu berasal dari bijih yang dimurnikan dan dikerjakan dengan tempaan. Tanur saat itu belum dapat menghasilkan temperatur yang cukup tinggi untuk melelehkan logamnya. Baru pada tahun A.D. 1350 ditemukan proses untuk memperoleh logamnya dengan cara pelelehan. Secara kimia besi adalah suatu unsur yang aktif sehingga hampir semua asam dan basa dapat bereaksi, begitu juga dengan oksigen yang ada dalam udara, terutama dengan adanya kelembaban dan temperatur yang tinggi. Korosi pada paduan logam besi sangat mudah, dan hal ini masih merupakan problem bagi ahli metallurgi saat ini. Persoalan korosi ini demikian penting sehingga ada pernyataan: "Bahwa pencegahan pengkaratan 1 ton besi jauh lebih penting daripada menghasilkan 1 ton besi dari bijihnya".

Bila suatu bijih besi oksida dipanaskan dengan karbon maka akan dihasilkan logam besi dan proses kimia yang terjadi dalam tanur tiup jumlahnya banyak dan kompleks, akan tetapi dapat di sederhanakan sebagai berikut:



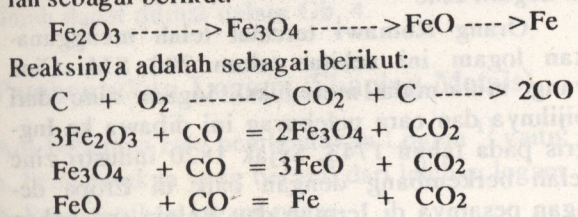
Tabel III Komposisi dan Kegunaan Paduan Logam Tembaga⁵⁾

Paduan	Komposisi dan Kegunaan Paduan Logam Tembaga						Kegunaan
	Cu	Zn	Pb	Ni	Sn	Others	
Copper							
Electrolytic	99.9 +	-	-	-	-	-	Elec. tubes, structural
Arsenical	99.45	-	-	-	-	As-0.45	Tubes, plates, welding
Phosphorized	99.9	-	-	-	-	-	Tubes, welding
Silver-bearing	99.9	-	-	-	-	Ag7-30 oz	Commutators, radiators
Brass							
Red	85.0	85.0	-	-	-	-	Tubes, Jewelry, radiators
Cartridge	70.0	30.0	-	-	-	-	Ammunition
Yellow	65.0	35.0	-	-	-	-	Drawing, stamping, spinning
Muntz	60.0	40.0	-	-	-	-	Maritime, architectural
Leaded Brass							
Leaded	67.0	32.3	0.8	-	-	-	Machining
Free-cutting	62.0	35.0	3.0	-	-	-	Machining
Architectural	56.0	40.0	2.5	-	-	-	Structural
Tin Brass							
Admiralty	71.0	28.0	-	-	1.0	-	Condenser tubes
Naval	60.0	39.0	-	-	0.75	-	Tubes, heat, forgins
Manganese	59.0	39.0	1.25	-	0.75	-	Paper, mining, valves
Nickel Silver							
18 per cent	64	18	-	18	-	-	Drawing, springs
15 per cent	65	20	-	15	-	-	Architectural
5 per cent	62	33	-	5	-	-	Jewelry
Bronze							
Herculoy A	96.5	-	-	-	0.5	Si-3	Tanks, vats, baskets
Herculoy B	97.8	-	-	-	0.2	Si-2	Hardware, machine parts
Aluminium	91	-	-	-	-	Al-9	Acid-resisting
Cupro-nickel	70	-	-	-	-	-	Condensers, tanks, vats
Phospor	95	-	-	-	5.0	P-0.05	Diaphragms, machine parts

Tabel IV Komposisi Uang Perunggu Inggris¹⁾

Tahun	Cu - %	Sn - %	Zn - %
1860 - 1923	95	4	1
923 - 1942	95,5	3	1,5
942 - 1945	97	0,5	2,5
1945 - 1959	95,5	3	1,5
1959 - ?	97	0,5	2,5

Bashforth¹⁰⁾ mengutip tulisan Moisson tahun 1880 mengenai reaksi reduksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Selain reaksi di atas masih ada reaksi lain yang merubah mineral non-logamnya yang ada dalam bijih menjadi "slag" yaitu berupa oksida dan silikat dari Mg, Ca, Al, Mn, dan lain-lain. Dahulu kala bijih besi dipanaskan dalam nyala arang kayu dan dengan begini diperoleh massa besi yang porous dan dapat ditempa menjadi perkakas atau alat untuk perang. Pada saat itu ditemukan bahwa bila ditiupkan udara, maka api akan menjadi lebih panas sehingga besinya diperoleh dengan cepat. Sejak itu maka tiupan udara selalu digunakan untuk memperoleh besinya. Pada tahun 1620 batubara menggantikan arang kayu dan kemudian pada tahun 1709 digunakan kokas sebagai pengganti batubara. Dalam setiap tanur tiup sebagai bahan bakunya adalah bijih besi, kokas dan batugamping. Dalam proses terbentuknya logam maka besi akan mengabsorpsi pengotor yang berasal dari kokas, bijih maupun batugamping sehingga logam besi yang diperoleh pada bagian bawah tanur akan mengandung 3 - 5% karbon, kira-kira 1% Mn, Silikon sampai 3,5% dan sulfur hanya sebagian kecil saja. Kandungan fosfor dalam beberapa type besi bisa mencapai sampai 2%. Fungsi utama dari tiupan udara adalah agar supaya kokas dapat terbakar dan menghasilkan temperatur yang tinggi. Di samping itu fungsi kedua adalah udara

akan bereaksi dengan kokas yang terbakar dan membentuk karbon monoksida di mana karbon monoksida ini merupakan pula reduktor bijih besi tersebut.

Pada mulanya udara dingin yang ditiupkan ke dalam tanur untuk menghasilkan logam besi yang dinamakan "pig iron". Pada tahun 1828 James Neilson menggunakan tiupan udara panas sehingga jumlah bahan bakar yang dipakai menjadi berkurang. Gas yang keluar dari tanur masih mengandung 20 - 25% karbon monoksida di mana bahan ini merupakan bahan bakar pula. Selain itu 14 - 30% dari gas ini dipakai untuk memanaskan udara dingin yang akan dipakai dalam tanur tersebut dimana pekerjaan ini dilakukan oleh apa yang disebut "stoves". "Pig Iron" yang dihasilkan dari tanur tiup merupakan bahan baku untuk pembuatan baja, besi tuang (*cast iron*) dan hanya sedikit menjadi besi tempa (*wrought iron*).

Besi tuang dihasilkan dari tanur yang disebut "cupola" dan besi tuang ini mempunyai sifat lemah dan regas. Besi tempa mempunyai sifat "tough" yaitu kombinasi beberapa sifat fisis seperti elastis, "ductile" dan tahan terhadap "fatigue".

Baja adalah paduan logam besi dengan karbon dimana karbonnya tidak melebihi 2%, sedangkan "pig iron" mengandung karbon sekitar 3 - 4%¹¹⁾. Ada dua macam baja yaitu "plain carbon stell" dan "alloy stell". "Plain carbon steel" dibagi dalam 3 macam:

- "Mild" atau "soft steel" dimana kadar karbonnya rendah, yaitu antara 0,1 - 0,3%
 - "Medium Carbon Steel", dimana kadar karbonnya antara 0,3 - 0,6%
 - "High Carbon Steel" atau "hard steel", dimana kadar karbonnya antara 0,6 - 1,2%.
- "Alloy steel" adalah paduan besi dan karbon dengan penambahan unsur-unsur lain untuk memperoleh sifat-sifat khusus seperti tahan korosi, tahan panas, tahan keausan dan sebagainya. Unsur-unsur yang sering ditambahkan adalah W, Ni, Cr, V, Mn dan Mo.

Ada 3 proses utama dalam pembuatan baja, yaitu:

- 1) proses "Bessemer"
- 2) proses "open hearth"
- 3) proses dengan tanur listrik

Bagan alir pembuatan besi dan baja dapat dilihat pada Gb.3.

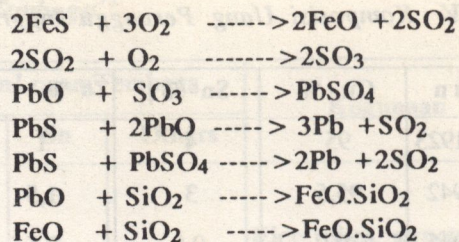
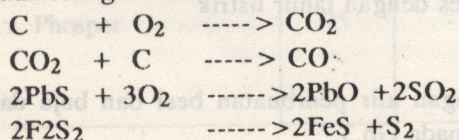
c. Logam Timbal

Oleh karena beberapa mineral timbal sangat mudah untuk direduksi menjadi logamnya dengan bantuan karbon atau karbon monoksida maka logam timbal telah dibuat sejak dahulu kala. Logam timbal mungkin ditemukan sekitar tahun 5000 SM. Logam timbal alami tidak pernah ada dan dihasilkan hanya dari bijihnya. Logam timbal merupakan logam dasar yang paling berat yaitu mempunyai berat jenis 11,37.

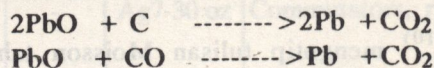
Logam timbal murni sangat "malleable" dan dapat digiling (di-roll) menjadi lembaran-lembaran tetapi tidak mempunyai sifat "ductile" yang cukup dibuat kawat. Paduan antara logam timbal dan timah maupun Sb dipakai di antaranya untuk "pewter", "bearing" dan "solder" dengan komposisi sebagai berikut:

pewter	:	20% Pb	80% Sb	-
bearing	:	86 - 95% Pb	4 - 11% Sb	1 - 3% Sn
solder	:	50 - 66% Pb	34 - 50% Sn	-

Logam timbal pada umumnya diekstraksi dari bijihnya dengan cara pirometallurgi. Mula-mula bijih dipanggang (*roasted*) agar supaya dapat menghilangkan sulfur dan sebagian pengotornya dengan cara penguapan. Timbal oksida dan timbal sulfat yang diperoleh, kemudian dilebur dalam tanur "reverberatory", "ore hearth" atau tanur tiup sehingga diperoleh logam timbal kasar yang disebut "bullion" yang perlu dimurnikan lagi. Bahan baku dalam tanur adalah bijih yang telah dipanggang, kokas dan kapur sebagai fluks yang tepat. Kapur akan bersatu dengan SiO_2 membentuk lelehan silikat yaitu slag. Sudah barang tentu ada kehilangan timbal, karena ada timbal yang turut bersama-sama dengan slag yaitu dalam bentuk timbal silikat. Cara peleburan yang paling tua yaitu dengan menggunakan "ore hearth" dengan syarat bijihnya minimal mengandung 55% Pb, sehingga kadar bijih yang relatif rendah memerlukan peninggian kadar timbalnya. Proses peninggian kadar ini dapat dilakukan oleh proses pengolahan bahan galian di antaranya dengan konsentrasi gravitasi maupun flotasi. Reaksi yang terjadi dalam ekstraksi logam timbal adalah sebagai berikut:



Dalam beberapa hal, timbal dapat direduksi dengan karbon ataupun karbon monoksida sebagai berikut:



d. Logam Zinc

Orang Romawi tercatat telah menggunakan logam ini sekitar tahun 200 SM. Cina yang mula-mula mereduksi logam zinc dari bijihnya dan cara peleburan ini dibawa ke Inggris pada tahun 1743. Sejak 1820 industri zinc telah berkembang dengan baik di Eropa dengan pesatnya di Jerman dan Belgia sedangkan di Amerika Utara baru tahun 1835.

Pada mulanya logam zinc diekstraksi dari bijihnya dengan cara distilasi. Garis besar proses ini adalah merubah bijih sulfida dengan cara pemanggangan menjadi ZnO . Kemudian ZnO bersama-sama dengan antrasit atau "coke breeze" dipanaskan pada temperatur 1100°C dalam "retort" yang terbuat dari "fire clay". Pada kondisi tersebut maka ZnO akan direduksi menjadi logam Zn dan kemudian ditangkap dalam kondensor yang dipasang pada ujung retort.

Sphalerite (ZnS) merupakan mineral zinc sulfida yang sangat sulit dipanggang sehingga diperlukan waktu bahan bakar yang banyak sehingga untuk menghindari itu kemudian dipakai cara elektrolisa. Zinc sering dipakai sebagai pelapis logam besi agar supaya tahan korosi. Logam pelapis lainnya yaitu Sn, Ni, Cr dan Cd.

Kuningan merupakan paduan logam zinc dengan tembaga. Ada dua macam kuningan yaitu kuningan alpha dimana kadar Zn sampai 38% dan kuningan alpha beta bila kadar Zn antara 38-46%. Kuningan alpha banyak dipakai dalam dekoratif sedangkan kuningan alpha beta digunakan untuk keperluan pengecoran dan lain-lain.

e. Logam Timah

Salah satu sifat logam timah adalah tahan terhadap korosi dan mempunyai titik leleh ren-

dah. Oleh sebab itu sering dipakai untuk "bearing", solder, "foil", "pewter", perunggu, "tin plate" dan bahan kimia.

Pada umumnya bijih timah ditemukan sebagai endapan alluvial terutama di Asia Tenggara. Kadar timah dalam bijih biasanya rendah yaitu sekitar 0,02% Sn, sedangkan peleburan timah biasanya memerlukan konsentrat timah yang berkadar sekitar 70% Sn. Oleh sebab itu maka proses pengolahan bahan galian sangat diperlukan misalnya dengan menggunakan "palong" atau sluice box dan jig, kadang-kadang diperlukan pula meja goyang, pemisahan magnetis maupun pemisahan elektrostatis. Diagram proses ekstraksi logam timah dari konsentrat timah dapat dilihat dalam Gb. 4.

Pembentukan Logam (Shaping Metals)

Ada beberapa cara pembentukan Logam ¹⁾ yaitu:

- a. Pembentukan yang berasal dari lelehan logam
- b. Pembentukan logam panas
- c. Pembentukan logam dingin
- d. Pembentukan dengan penyambungan logam
- e. Pembentukan berasal dari serbuk logam

Pada mulanya untuk melelehkan logam atau paduannya digunakan tanur "Crucible", di mana untuk pemanasannya mula-mula digunakan arang kayu, kemudian dipakai kokas, minyak maupun gas. Untuk memperoleh hasil yang baik maka dipakai cara lain yaitu dengan digunakannya tanur "reverberatory". Pada abad 20 ini digunakan pula tanur listrik. Lelehan logam dicetak dengan menggunakan cetakan pasir, makin halus butiran pasirnya makin baik permukaan benda cetak tersebut. Yang penting adalah pemilihan pasir yang cocok dan baik. Oleh karena itu untuk cetakan pasir diperlukan pengulangan dalam pembentukannya, maka kemudian digunakan cetakan dari logam (*diecasting*), misalnya untuk zinc, aluminium dan paduan magnesium.

Penuangan lelehan logam ke dalam cetakan dapat dilakukan dengan gravitasi maupun dengan tekanan. Pembentukan logam dapat pula dilakukan dalam keadaan dingin (*cold working*) maupun panas (*hot working*).

Cara pembentukan logam panas dapat dilakukan dengan pemukulan (*hammering*), penekanan (*pressing*), penggilingan (*rolling*) dan ekstraksi (*extrusion*). Cara pembentukan dengan pemukulan dan penekanan disebut penempaan

(*forging*).

Pemukulan adalah cara yang mula-mula dipakai oleh manusia dalam proses pembentukan logam. Cara ini mulanya dilakukan dengan tangan dan baru kemudian dengan tenaga mesin. "Steam hammer" yang pertama di Perancis dibuat pada tahun 1842¹⁴⁾, sedangkan "Hydraulic forging press" ditemukan pada tahun 1861 dan diperkenalkan di Amerika Utara pada tahun 1887.

Cara penggilingan (*roll*) mulai dipakai di Perancis pada tahun 1553 yaitu untuk memperoleh lapisan pada logam yang rata untuk pembuatan uang logam dari emas dan perak sedangkan penggilingan panas (*hot rolling*) ditemukan oleh Henry Cort pada tahun 1783.

Cara ekstraksi mungkin diperkenalkan sekitar tahun 1824 dalam pembuatan pipa. Cara pembentukan dengan penyambungan logam dapat dilakukan dengan mekanis, "soldering", "brazing" dan terakhir pengelasan. Sedangkan pembentukan dari serbuk logam dapat dilakukan dengan pemanasan dan penekanan, khususnya digunakan untuk logam-logam yang sulit dilelehkan pada kondisi yang menguntungkan.

Hubungan Antara Metalurgi, Pengolahan Bahan Galian dan Arkeologi

Setiap benda sejarah yang terbuat dari logam perlu pula ditinjau dari sudut metallurginya maupun pengolahan bahan galiannya agar supaya diperoleh suatu kesimpulan yang "bulat" mengenai asal-usul benda sejarah tersebut serta dapat mengevaluasi peradaban manusia saat benda sejarah tersebut dibuat. Oleh sebab itu dalam penelitian benda sejarah perlu dipertanyakan:

1. Terbuat dari unsur-unsur logam apa saja benda sejarah tersebut, secara kualitatif maupun kuantitatif.
2. Apakah ada hubungan antara unsur-unsur logam tersebut dengan teknologi ekstraksi saat benda sejarah tersebut dibuat.
3. Apakah bahan baku benda sejarah tersebut dibuat berasal dari logam alami, bijih oksida atau bijih sulfida
4. Apakah pengolahan bahan galian telah diterapkan untuk menunjang ekstraksi logam tersebut
5. Apakah paduan logam dari benda sejarah tersebut telah diketahui sebagai hasil "kebetul-

an" atau teknologi "alloying"

6. Apakah alat bantu untuk ekstraksi logam dapat diteliti dan apakah ada kaitannya dengan benda sejarah pada suatu kurun waktu tertentu seperti bekas tanur lama, bahan "lining" dari tanur, alat pengolahan yang mungkin dipakai saat itu seperti "dulang", jig atau meja goyang.
7. Apakah saat dibuatnya benda sejarah tersebut telah digunakan arang kayu, batubara atau kokas
8. Apakah teknologi ekstraksi logam telah dipakai di Indonesia pada saat benda sejarah tersebut dibuat ataukah hanya menyangkut proses pembentukan saja misalnya keris, tombak dan sebagainya.

Untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan tersebut sebaiknya diadakan penelitian yang mendalam mengenai sejarah bahan baku, teknologi ekstraksi serta teknologi pembentukannya.

Kesimpulan

1. Evaluasi mengenai logam yang terkandung dalam benda sejarah akan membantu informasi "sejarah" benda tersebut menjadi lengkap dan bulat.
2. Analisa unsur-unsur logam yang ada dalam benda sejarah baik kualitatif maupun kuantitatif mungkin dapat melengkapi usaha mengevaluasi "history" nya
3. Perlu adanya pengumpulan "bank data" mengenai unsur utama maupun unsur penunjang yang terkandung dalam benda sejarah logam di Indonesia
4. Perlu adanya penelitian bersama antara pakar Arkeologi dengan pakar dalam bidang yang ada kaitannya dengan logam, yaitu bidang pengolahan bahan galian, bidang ekstraksi metalurgi, bidang metalografi maupun penunjangnya

Kepustakaan

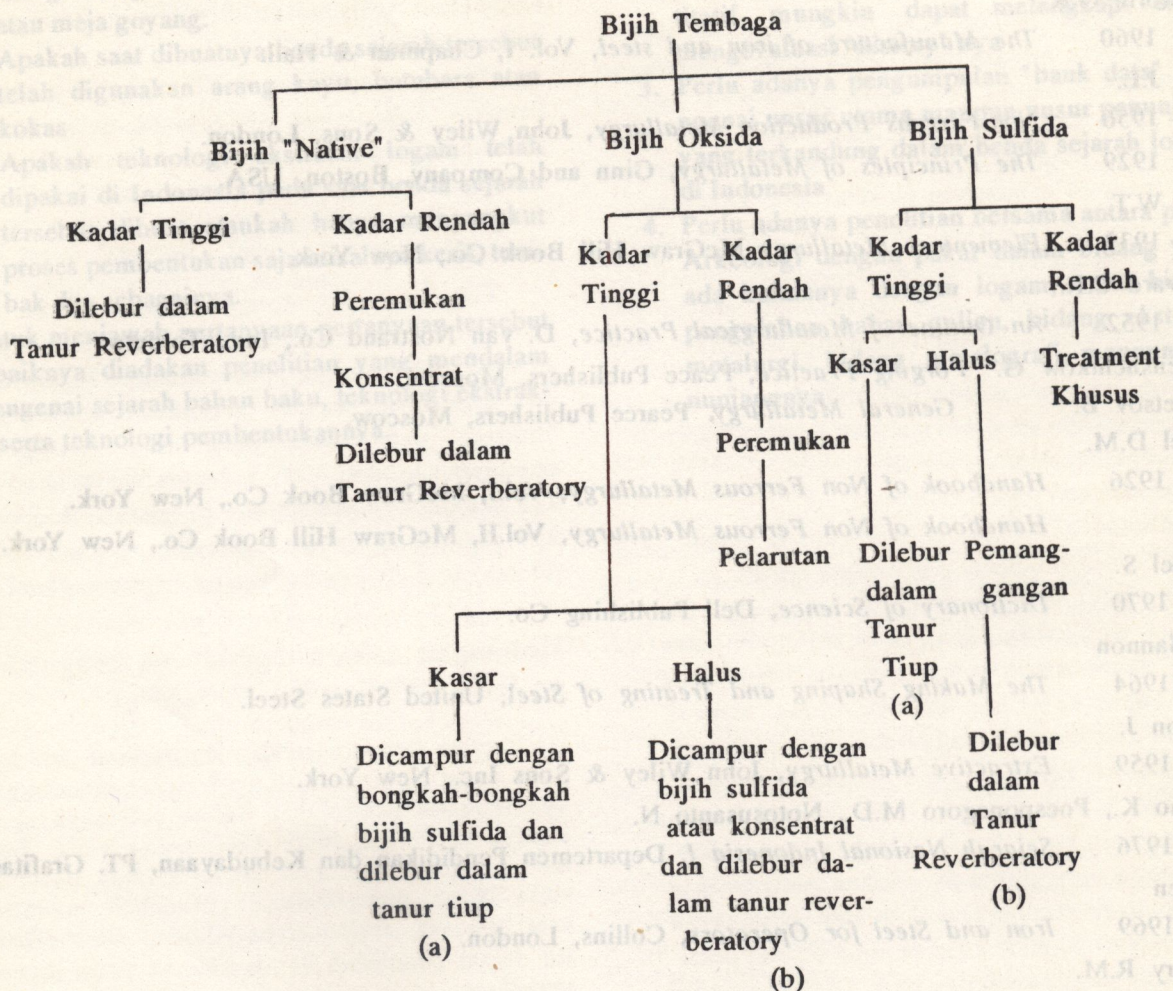
- Alexander, W., Street A.
1972 *Metals in the Service of Man*, Penguin Books, Great Britain.
- Allibone T.E. et. al.
1970 *The impact of the Natural Science on Archaeology*, Oxford University Press.
- Bashforth G.R.
1960 *The Manufacture of iron and steel*, Vol. I, Chapman & Hall.
- Bray J.L.
1956 *Non-Ferrous Production Metallurgy*, John Wiley & Sons, London.
1929 *The Principles of Metallurgy*, Ginn and Company, Boston, USA.
- Frier W.T.
1932 *Elementary Metallurgy* McGraw Hill Book Co., New York.
- Hayward C.R.
1952 *An Outline of Metallurgical Practice*, D. van Nostrand Co., Inc., Toronto.
- Kamenshchikow G. *Forging Practice*, Peace Publishers, Moscow.
- Kusnetsov B. *General Metallurgy*, Pearce Publishers, Moscow.
- Liddel D.M.
1926 *Handbook of Non Ferrous Metallurgy*, Vol.I, McGraw Book Co., New York.
Handbook of Non Ferrous Metallurgy, Vol.II, McGraw Hill Book Co., New York.
- Mandel S.
1970 *Dictionary of Science*, Dell Publishing Co.
- Mc Gannon
1964 *The Making Shaping and Treating of Steel*, United States Steel.
- Newton J.
1959 *Extractive Metallurgy*, John Wiley & Sons Inc., New York.
- Sartono K., Poesponegoro M.D., Notosusanto N.
1976 *Sejarah Nasional Indonesia I*, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, PT. Grafitas.
- Stephen
1969 *Iron and Steel for Operators*, Collins, London.
- Tupkary R.M.
1980 *Introduction to Modern Steel Making*, Khana Publishers Delhi.
- Volsky A., Sergievskaya E.
1978 *Theory of Metallurgical Process*, Mir Publishers, Moscow.
- Zakharov B.
1962 *Heat Treatment of Metals*. Peace Publishers, Moscow.

Gambar 1 Gambaran Umum Ekstraksi Bijih Tembaga

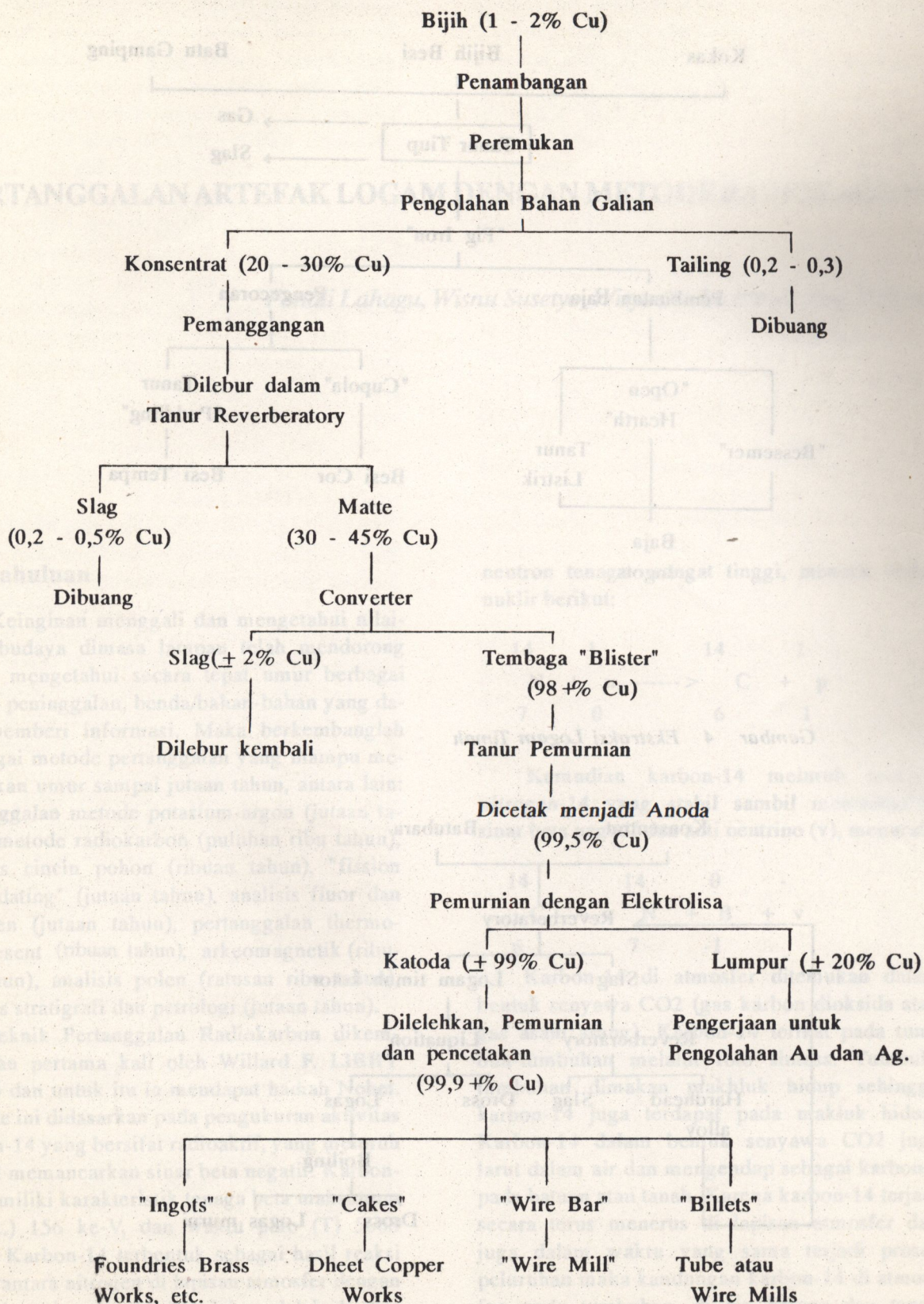
a. Cara Lama.

Dalam cara baru ada pengolahan bahan galian

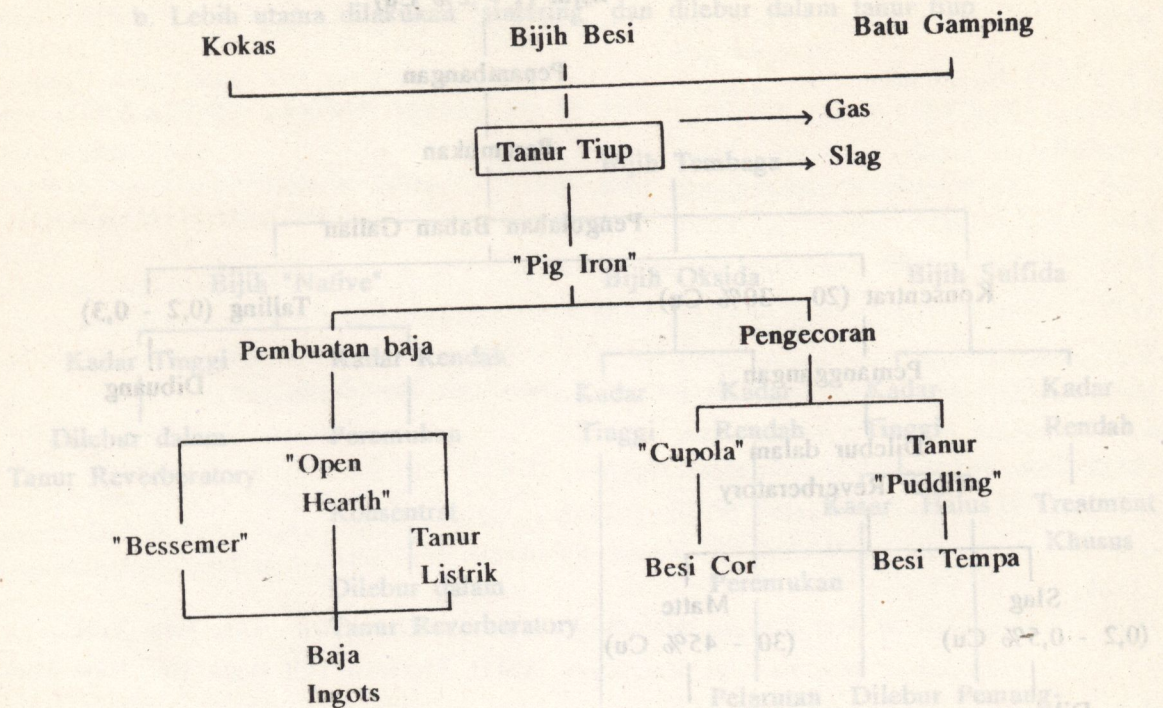
b. Lebih utama dilakukan "sintering" dan dilebur dalam tanur tiup



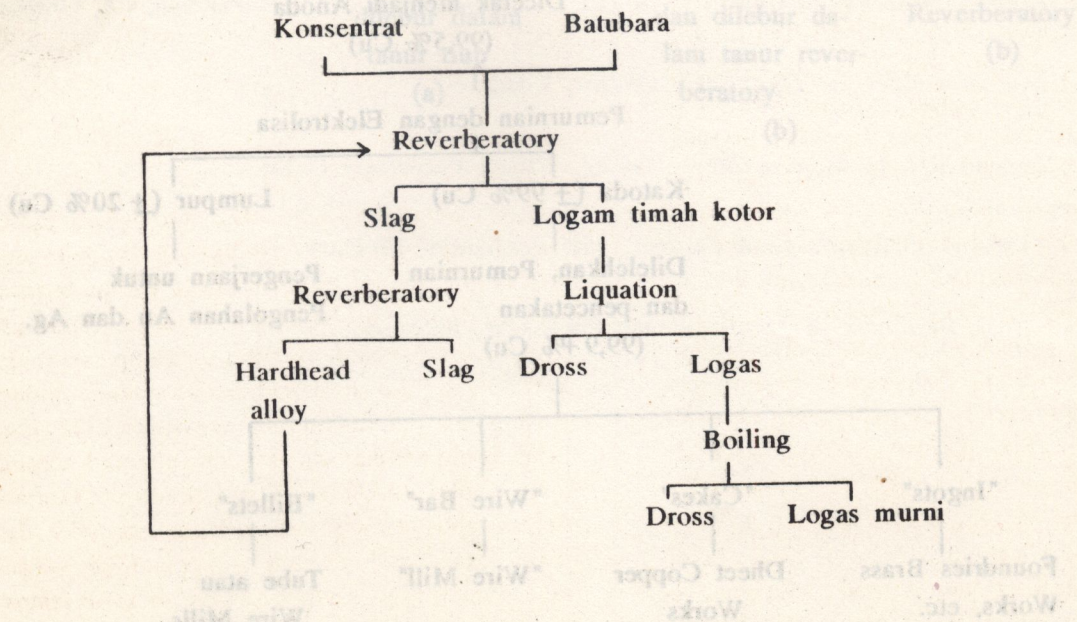
Gambar 2 Cara Ekstraksi Bijih Tembaga Berkadar Rendah



Gambar 3 Pembuatan Besi dan Baja



Gambar 4 Ekstraksi Logam Timah



PERTANGGALAN ARTEFAK LOGAM DENGAN METODE RADIOKARBON

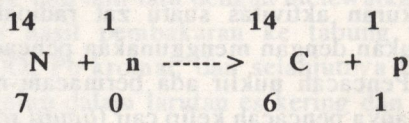
Fonali Lahagu, Wisnu Susetyo, Wisyachudin Faisal, Paul Pujiono

Pendahuluan

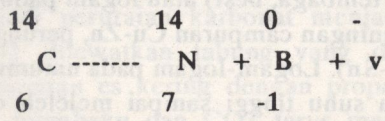
Keinginan menggali dan mengetahui nilai-nilai budaya dimasa lampau telah mendorong usaha mengetahui secara tepat umur berbagai benda peninggalan, benda/bahan-bahan yang dapat memberi informasi. Maka berkembanglah berbagai metode pertanggalan yang mampu menentukan umur sampai jutaan tahun, antara lain: pertanggalan metode potasium-argon (jutaan tahun), metode radiokarbon (puluhan ribu tahun), analisis cincin pohon (ribuan tahun), "fission track dating" (jutaan tahun), analisis fluor dan nitrogen (jutaan tahun), pertanggalan termoluminesent (ribuan tahun), arkeomagnetik (ribuan tahun), analisis polen (ratusan ribu tahun), analisis stratigrafi dan petrologi (jutaan tahun).

Teknik Pertanggalan Radiokarbon dikembangkan pertama kali oleh Willard F. LIBBY (1961) dan untuk itu ia mendapat hadiah Nobel. Metode ini didasarkan pada pengukuran aktivitas karbon-14 yang bersifat radioaktif, yang meluruh sambil memancarkan sinar beta negatif. Karbon-14 memiliki karakteristik tenaga beta maksimum (Emax.) 156 ke-V, dan waktu paro (T) 5668 tahun. Karbon-14 terbentuk sebagai hasil reaksi nuklir antara nitrogen di lapisan atmosfer dengan sinar kosmis yang tidak lain adalah berkas

neutron tenaga sangat tinggi, menurut reaksi nuklir berikut:



Kemudian karbon-14 meluruh menjadi nitrogen-14 yang stabil sambil memancarkan sinar beta negatif dan anti neutrino ($\bar{\nu}$), menurut:



Karbon-14 di atmosfer ditemukan dalam bentuk senyawa CO₂ (gas karbon dioksida atau gas asam arang). Karbon-14 terikat pada tumbuh-tumbuhan melalui foto sintesa. Tumbuh-tumbuhan dimakan makhluk hidup sehingga karbon-14 juga terdapat pada mahluk hidup. Karbon-14 dalam bentuk senyawa CO₂ juga larut dalam air dan mengendap sebagai karbonat pada batuan atau tanah. Karena karbon-14 terjadi secara terus menerus di lapisan atmosfer dan juga dalam waktu yang sama terjadi proses peluruhan maka kandungan karbon-14 di atmosfer, pada tumbuhan, di air, batuan dan tanah

mencapai kesetimbangan. Artinya aktivitas karbon-14 nya sama. Pada saat tumbuh-tumbuhan/ mahluk hidup mati maka terputus penyediaan karbon-14 dari atmosfer pada tumbuh-tumbuhan/ mahluk mati. Karena karbon-14 terus meluruh maka aktivitas karbon-14 pada tumbuh-tumbuhan/mahluk mati semakin rendah. Kalau diukur aktivitas karbon-14 pada tumbuhan/ mahluk yang telah sekian lama mati maka dapat dihitung jarak waktu tersebut. Dengan demikian telah dilakukan pertanggalan dengan metode radiokarbon.

$$A(t) = A(o). e^{-0.693. t/T}$$

$A(t)$ = aktivitas (dpm atau dps) padat
 $A(o)$ = aktivitas awal (dpm atau dps) pada $t = 0$
 t = waktu peluruhan atau umur sejak mati
 T = waktu paro (T karbon-14 = 5568 tahun)
 atau
 $t = 8033 \ln A(o)/A(t)$ tahun

Pengukuran aktivitas suatu zat radioaktif dapat dilakukan dengan menggunakan pencacah (*detector*). Pencacah nuklir ada bermacam-macam diantaranya pencacah kelip cair (*liquid scintillation counter*). Pada prinsipnya semua bahan yang mengandung karbon dapat ditanggal dengan metode PRK.

Artefak logam dapat berupa logam murni (emas, perak, tembaga, besi) atau logam paduan/ campuran (kuningan campuran Cu-Zn, perunggu campuran Cu-Sn). Logam-logam pada umumnya diproses pada suhu tinggi sampai meleleh dan selanjutnya didinginkan. Kualitas dan sifat fisisnya tergantung pada proses pendinginan. Selama penurunan suhu, akan diperoleh fase-fase tertentu dengan sifat dan struktur yang berbeda-beda (fase α , γ , dan δ). Penambahan bahan-bahan tertentu sebagai campuran sering diperlukan untuk memperoleh mutu logam yang lebih baik. Misalnya besi dicampur dengan karbon (persentase karbon berkisar dari 0,06% sampai 5% lebih). Dikenal 3 macam jenis besi tergantung dari kadar karbon di dalamnya: besi lunak (sekitar 0,06% C), besi baja (0,1% - 2,0% C), dan besi tuang (1,5% - 5% C). Dilihat dari

sini maka artefak logam dari bahan besi dapat ditanggal dengan menggunakan teknik PRK. Logam murni lainnya dan logam-logam paduan hampir tidak mengandung karbon. Karenanya pertanggalan secara langsung dengan metode PRK hampir tidak mungkin. Tetapi sering dijumpai artefak logam seperti kuningan, tembaga, perunggu, terikat pada tali, pada kayu, atau terbungkus kain. Bahan-bahan yang ikut serta tersebut, semua mengandung karbon sehingga dapat ditanggal. Dengan asumsi bahwa bahan-bahan ikutan tersebut seumur dengan logamnya.

Beberapa logam sering dicampur seperti kuningan, perunggu dan juga logam-logam yang dikatakan murni, sebenarnya masih mengandung beberapa logam ikutan sebagai pengotor. Komposisi dari berbagai logam-logam tersebut tidak selalu tetap. Hal itu tergantung pada tempat, pada waktu, pada teknologi pengolahan. Komposisi kimia artefak logam dapat menunjukkan era, asal usul benda-benda tersebut.

Dapat diterima tidaknya suatu hasil analisis dari suatu laboratorium harus dapat diuji melalui analisis hasil antar laboratorium di dalam negeri atau di luar negeri. Karenanya perlu dikembangkan kerjasama antar laboratorium, terhadap standar dan ataupun sampel-sampel biasa.

Makalah ini akan melaporkan teknik PRK, hasil uji standar IAEA, beberapa pertanggalan sampel arkeologi dari dalam negeri maupun luar negeri, uraian singkat beberapa metode teknik nuklir untuk analisis komposisi kimia dengan metode pengaktifan neutron dan metode pendar sinar-X, serta beberapa gagasan pemikiran tentang pemanfaatan dan pengembangan fasilitas Laboratorium Pertanggalan Radiokarbon di PPNY-BATAN.

Teknik Pertanggalan Radiokarbon

Karbon di alam mempunyai tiga isotop yaitu 99% karbon-12, 1% karbon-13 yang tidak radioaktif, dan karbon-14 radioaktif sebesar 1×10^{-12} dari total karbon.

Di atas telah diuraikan hubungan aktivitas karbon-14 dengan umur suatu sampel. Selanjutnya umur dikatakan dengan aktivitas jenis yaitu aktivitas karbon-14 dalam dpm/g karbon. Aktivitas awal atau aktivitas jenis awal secara konsensus diambil aktivitas jenis karbon-14 dari asam oksalat standar IAEA. Sehingga rumusnya dapat ditulis menjadi:

$$t = 8033 \ln Sox/Ss. 0,7459 \text{ (tahun)}$$

t = umur (tahun) BP
 Sox = aktivitas jenis oksalat setelah dikurangi latar
 Ss = aktivitas jenis sampel setelah dikurangi latar
 $0,7459$ = faktor koreksi terhadap asam oksalat BP
 = "before present" artinya tahun sebelum saat ini (1950)

Beberapa koreksi yang perlu diperhitungkan untuk mendapatkan harga pertanggalan yang baik antara lain koreksi fraksinasi isotopik delta-13. Koreksi ini penting karena setiap tanaman mempunyai nisbah isotop berbeda-beda dari spesies satu dengan lainnya. Koreksi lingkaran pohon juga perlu diperhitungkan karena dari lingkaran pohon dapat ditunjukkan variasi CO₂ dari waktu ke waktu di masa lampau.

Perlakuan Awal Terhadap Sampel

Kualitas hasil analisis sangat tergantung pada perlakuan awal terhadap sampel. Perlakuan awal dimaksudkan untuk menghilangkan kontaminan-kontaminan yang ikut bersama sampel. Kontaminan-kontaminan tersebut dapat menuakan sampel atau memudahkan sampel. Kontaminan dapat berupa akar-akaran, asam humik, pertukaran isotopik pada bahan yang mengandung karbonat. Sampel arang, kayu, dan sejenisnya dicuci dengan air, dibersihkan dari akar-akaran, direndam dalam larutan HCL 0,2 N, kemudian dicuci bersih, selanjutnya direndam dalam larutan NaOH 0,2 N, dicuci bersih sampai netral. Kalau perlu diulangi beberapa kali dan kadang-kadang perlu dengan pemanasan. Kalau itu kayu maka perlu dipotong-potong kecil untuk memperluas kontak dengan larutan pembersih. Larutan NaOH diperlukan untuk menangkap asam humic. Sampel tulang, kerang, direndam di dalam larutan HCL 0,2 N, kemudian dibersihkan dengan air. Kalau perlu beberapa kali. Setelah itu sampel dikeringkan dalam oven suhu sekitar 100 C.

Penimbangan Berat Sampel Yang dibutuhkan

Kadar karbon dalam sampel berbeda satu sama lain. Dasarnya adalah bahwa 1 g karbon dapat menghasilkan 1 ml benzena. Banyaknya

benzene yang dibutuhkan untuk pencacahan dengan Pencacah Kelip Cair sekitar 3 ml (=2,6 g benzena). Arang 8-12 g, kayu 10-30 g, kerang (karbonat) 30-100 g, kerang (conchiolin) 500-255 g, tulang (karbonat) 100-500 g, tulang (collagen) 200- 1000 g, besi lunak 1000-2500 g, besi baja 300-500 g, besi tuang 100-150 g, dan gambut 10-15 g.

Pembuatan benzena (C₆H₆)

Bentuk atau wujud dari senyawa karbon yang diinginkan pada pencacahan tergantung pada jenis pencacahnya. Pencacah proporsional membutuhkan karbon dalam wujud gas CO₂ atau C₂H₂. Pencacah jenis Pencacah Kelip Cair (PKC) membutuhkan sampel benzene (C₆H₆). Karbon dalam sampel mula-mula diubah menjadi gas CO₂. Dikenal dua macam proses untuk membuat CO₂ tergantung dari macam sampelnya. Tulang, arang, kayu, selulosa, diperlakukan cara kering. Sampel dipanaskan pada kondisi vakum pada suhu 600 C. Kemudian dialiri gas oksigen dan dengan karbon menghasilkan CO₂. Gas CO dibersihkan dari gas-gas H₂O, NO_x, SO_y, dan lain-lain dengan melewati campuran gas hasil pembakaran ke tabung yang berisi CUO, Pb-kromat, dan selanjutnya tabung yang dicelup dalam larutan es kering dan propanol-2. Sampel jenis oksalat, kerang, garam-garam karbonat diproses dengan metode basah. Larutan asam oksalat dioksidasi dengan larutan kMnO₄, menghasilkan CO₂ juga dalam kondisi vakum. Kerang dilarutkan dalam asam fosfat pekat dan terjadi peruraian karbonat menjadi CO₂. Gas CO₂ dilewatkan tabung yang dicelup dalam campuran es kering dengan propanol-2. Disini air membeku dan CO₂ terus membeku dalam tabung yang dicelup dalam nitrogen cair. CO₂ diubah menjadi gas dan direaksikan dengan litum cair pada suhu 650 C membentuk karbida Li₂C₂. Selanjutnya direaksikan dengan air menghasilkan gas karbida (asetilen C₂H₂). Seperti halnya dengan CO₂, C₂H₂ ditampung dalam tabung yang dicelup dalam nitrogen cair. Selanjutnya C₂H₂ ditrimerisasi dalam tabung yang berisi katalisator V2O5. Perlakator menghasilkan benzena. Benzena dibebaskan dengan pemanasan suhu 100 C dan ditampung dalam tabung yang dicelup dalam dawa berisi es

kering. Suhu es kering dalam propanol-2 sekitar -80 C, dan Nitrogen cair sekitar-196 C. Benzena siap untuk proses pencacahan.

Pencacahan dengan Pencacahan Kelip Cair Latar Rendah (PKCLR)

KCLR sebelum dipakai untuk mencacah, terlebih dahulu dikalibrasi sesuai dengan urutan test fungsinya. Setelah semua normal baru sampel dimasukkan dalam alat pencacah untuk dicacah aktivitasnya. Setiap kali pengukuran selalu disertai dengan pengukuran latar. Kedalam vial 7ml dimasukkan benzene 3 ml dan 05 ml coctail berisi PPO dan POPOP sebagai sintilator. Karbon-14 sebagai pemancar beta, menguja elektron pelarut dan selanjutnya molekul pelarut memancarkan sinar-X dan sinar-X ini menguja sintilator. Molekul-molekul sintilator memancarkan kelipan yang diteruskan ke tabung pengganda foton. Di sini foton diperkuat lagi dan selanjutnya diubah menjadi denyutan listrik, dicatat pada recorder. Banyaknya kelipan sebanding dengan aktivitas karbon-14 dalam sampel. Kemudian dihitung aktivitas jenisnya setelah dikurangi latar. Waktu pencacahan dipilih 27 x 100 menit bagi setiap sampel. Setiap kali pencacahan dibutuhkan benzena dari asam oksalat sebagai standar dan benzena dari sampel dan satu lagi benzena mati untuk peng-ukuran latar. Dari hasil pengukuran dan perhitungan tersebut maka dapat dihitung umur suatu sampel.

Hasil-hasil Penelitian Umur Sampel

Tabel 1 Hasil-hasil Penentuan Umur

No.	Kode>Nama	Umur	
		Referens	PNY
1	C4 SRR-3809d Kauri Wood IAEA	44525 BP	43566 BP
2	C5 Srr-3810a Twoo Creeks Wood, IAEA	11790 BP	11360 BP
3	C6 SSR-3811a Sucrose IAEA	151,2 AD	155,7 AD

Dari tabel 1 di atas ternyata bahwa hasil yang diperoleh di PPNY apabila dibandingkan dengan hasil dari IAEA tidak berbeda dan harga dari IAEA tersebut sudah merupakan

rata-rata dari berbagai laboratorium di dunia. Ini membuktikan bahwa prosedur kerja, ke-trampilan kerja, dan alat sintesa benzena serta pencacah PKCLR adalah cukup baik dan dipercaya hasilnya.

Tabel 2 Hasil-hasil Penentuan dari dari Ber-Berbagai Sampel

No	Kode>Nama	Umur	
		Referens	PPNY
1	Kerang, Indian, USA		1929 BP
2	Arang, Indian, USA		1862 BP
3	Tulang, Indian, USA		1725 BP
4	Kerang, USA		7041 BP
5	Kerang Song Prahur Tuban		6971 BP
6	Arang, Nanga Balang, Kal. Bar.		2871 BP
7	Tulang, Trowulan, Mojokerto	Majapahit	46 BP (1467 AD)

Sampel 1,2,3, Tabel 2 diambil dari salah satu situs perkampungan Indian kuno di bagian selatan USA. Dari penelitian gerabah yang diperoleh di situs tersebut, diperkirakan sekitar 20 abad yang lalu. Demikian pula umur yang diperoleh dari sampel-sampel dari berbagai tempat di Jawa no. 5,6,7, semuanya masuk dalam perkiraan umur (relatif) dari data/catatan yang diterima PPNY-BATAN.

Teknik Pengambilan Sampel di Lapangan

Pengambilan sampel di lapangan sangat penting. Perlu dijaga jangan sampai terkontaminasi dengan karbon modern. Karenanya peralatan yang dipakai, cara pembersihan pertama di lapangan perlu mengikuti prosedur yang benar, tempat-tempat pembungkus dari plastik polietilen atau kertas pembungkus aluminium perlu disediakan. Pengambilan sampel perlu diperhatikan horizon dimana sampel-sampel ditemukan dan diberi kode yang jelas dan konsisten.

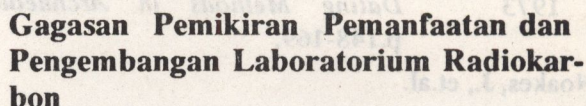
Komposisi Kimia Artefak Logam

Komposisi kimia artefak logam mutlak diperlukan dan diinventaris. Pengetahuan yang baik akan komposisi logam murni dengan unsur-

iradiasi dapat menggunakan Reaktor Nuklir. Keuntungan dari metoda ini adalah analisis multi element secara simultan.

Analisis dengan metoda Pendar Sinar-X

Cara ini pada prinsipnya dibutuhkan bermacam sumber eksitasi. Sumber dapat berupa sumber radioaktif Am-241, Cd-106, atau sistim tabung sinar-X. Sinar gamma atau sinar-X dari sumber mengaktifasi atom-atom dalam sampel. Masing-masing atom yang teraktifasi memancarkan sinar-x lain yang karakteristik untuk sebuah atom unsur. Atas dasar itu maka dapat dilakukan analisis kualitatif dan juga analisis kuantitatif. Metode ini mempunyai keuntungan karena termasuk analisis tidak merusak dan multi elemen secara simultan.



Di atas telah disinggung bahwa ada tiga isotop karbon, C-12, C-13, dan C-14 yang bersifat radioaktif. Delta (δ) C-13 dapat dijadikan indikator bagi setiap spesies tanaman maupun biologi karena masing-masing mempunyai δ C-13 yang berbeda dan karakteristik bagi setiap spesies. Dengan mengetahui δ C-13 suatu sampel maka dapat diidentifikasi jenis makanan dalam suatu hunian kuno. Sehingga dapat diikuti evolusi peradaban dan kebudayaan dari jenis makanan. Di samping itu juga dengan mengetahui δ C-13 dapat diketahui kemurnian suatu bahan alam. Untuk tujuan tersebut maka harus didukung analisis isotopik menggunakan spektrometer massa khusus untuk unsur ringan, dan PPNY sudah memilikinya. Beberapa gagasan pemikiran yang dapat diketengahkan sebagai topik riset di masa mendatang adalah:

A	= aktivitas individu nuklida hasil aktivasi (dps)
M	= massa atom relatif unsur induk
N	= bilangan Avogadro
W	= berat unsur induk
K	= kelimpahan isotop induk
$\emptyset$	= fluks neutron
t	= waktu iradiasi
T	= waktu paro
σ	= tampang serapan neutron

1. Penentuan pusat-pusat lokasi kebudayaan seperti bekas kerajaan, ibukota, candi-candi termasuk penentuan umurnya.
2. Studi evolusi makanan dan hubungannya dengan evolusi teknologi pertanian
3. Studi pergeseran garis pantai
4. Studi civilisasi kuno Indonesia, migrasi dan difusi kebudayaan.

Kepustakaan

- Brothwell, D., Higgs, E., Graham Clark
1969 *Science in Archaeology*, Thames and Hudson, p.46-58, 555-563.
- Cresswell, R.
1991 "Radiocarbon Dating of Iron Artifacts", *Radiocarbon*, vol.33, p.188.
- Haynes, C.V.
1967 "Bone Organic Matter and Radiocarbon Dating", *Radioactive Dating and Methods of Low Level Counting*, IAEA, Vienna, p. 163.
- Kobayasi, Y.
1988 "Liquid Scintillation Analysis", *Science and Technology Packard*, Instr. Co.Inc.
- Libby, W.F.
1955 *Radiocarbon Dating*, Univ. of Chicago Press, Chicago second edition.
- Moore, W.J.
1955 *Physical Chemistry*, Prentice Hall, Inc., and Maruzen Co.Ltd., p.147-152.
- Michels, J.W.
1973 *Dating Methods in Archaeology*, *Radiocarbon Dating*, Seminar Press, N.Y., p.148-169.
- Noakes, J., et.al.
Benzene Synthesizer, Instrument Manual.
- Plicht, J.V.D., Mook, W.G.
1988 *Calibration of Radiocarbon Ages by Computer*, Centre for Isotope Research, Univ. of Groningen, Netherland.
- Roth, E.
1968 *Chimie Nucleaire Appliquee*, Masson, p.219.
- Sheppard, J.C.
1975 "A Radiocarbon Dating Primer", *Washington Univ. College of Engineering Bulletin* 338, Pullman, Washington.
- Wisnyachudin, F., Lahagu, F., Dewi, K., Pujiono, P.
1990 "Penanggalan Cuplikan Kerang dengan Metoda Radiokarbon Dating", *Pertemuan Presentasi Ilmiah Penelitian Dasar Pengetahuan dan Teknologi Nuklir*, Yogyakarta.
1990 "Metoda Penanggalan Radiokarbon dengan Pembakaran Kering", *Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Penelitian Dasar Pengetahuan dan Teknologi Nuklir*, Yogyakarta.
- Wisnyachudin, F. Lahagu, F., Wisnu Susetyo
1990 "Pengaruh Farksinasi Isotop Karbon Terhadap Pertanggalan Cuplikan Arkeologi", *Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Penelitian Dasar Pengetahuan dan Teknologi Nuklir*, Yogyakarta.

Lampiran 1

Tahap-tahap reaksi pembuatan benzena

1. $C + O_2 \longrightarrow CO_2 (g)$
 2. $2 CO_2 (g) + 10 Li \longrightarrow Li_2C_2 + Li_2O$
 3. $Li_2C_2 + 2H_2O \longrightarrow C_2H_2 (g) + 2 LiOH$
 4. $3 C_2H_2 \longrightarrow C_6H_6$
- asetilena
benzena

Peralatan

1. Liquid Scintillation Counter, HP 2000
2. Benzene Synthesizer, CAIS-UGA, USA
3. Furnace, Oven
4. Freezer
5. PC-IBM Compatible

Bahan

1. Asam oksalat, NBS 4990 C
2. Lithium metal, LSA, USA
3. HCL, H₂SO₄, KMnO₄, H₃PO₄, semua kualitas p.a
4. P₂O₅, NaOH, PbCrO₄, gas O₂
5. Benzena mati, Toluena, PPO, POPOP
6. Katalisator K.C. Peerlkator
7. Glass wool, Quartz wool
8. Ascarit II

KORELASI KEBUTUHAN DAN SUPLAJ PRODUK METALURGI TERHADAP KONDISI SOSIAL POLITIK KESULTANAN BANTEN

Halwany Michrob

1. Prawicara

Wilayah Budaya Banten, merupakan salah satu wilayah yang dalam perjalanan sejarahnya, berkali-kali mengalami pasang-naik dan pasang-surut. Ayunan perjalanan sejarah Banten dipengaruhi oleh sejumlah faktor, baik bersifat alami (natural) maupun perilaku-budaya (kultural) manusia.

Banten pernah menjadi pusat *tamaddun* Islam di Pulau Jawa pada kurun waktu abad XVI - XVII Masehi. Setelah itu, Wilayah dan Masyarakat Banten mengalami berbagai malapetaka. Mulai dari kegarangan militerisasi dari Gubernur Jenderal Daendells yang membumihanguskan pusat daulah Islam Surosowan pada tahun 1813 (Ambary, Michrob & Miksic 1988), introduksi holtikultura/perkebunan yang merampas lahan dan waktu pengerjaan lahan dari rakyat serta tekanan pajak, katastrofi letusan G. Krakatau pada tahun 1883 yang kemudian diikuti oleh wabah penyakit (Kartodirdjo, 1988:51-54).

Daftar tersebut akan semakin panjang bila ditambahkan pula dengan facisme pemerintahan Bala Tentara Dai Nipon (1942-1945), perang kemerdekaan, gerakan separatisme pasca-kemerdekaan, G.30.S/PKI, dan sebagainya. Tragedi

kesejarah tersebut nyaris meluluh-lantakkan wilayah serta masyarakat/rakyat Banten, baik sebagai kesatuan sistem sosial, politik, ekonomi dan budaya.

Apakah Banten mengalami involusi? Jika involusi itu seperti dikatakan oleh Geertz Clifford (1983:155) berarti:

"suatu proses kemerosotan pola kebudayaan yang sesudah mencapai bentuk yang tampaknya telah pasti, dan kemudian tidak berhasil menstabilkan atau mengubahnya menjadi suatu pola baru, tetapi terus berkembang ke dalam sehingga menjadi semakin rumit".

Hasil observasi Geertz Clifford ini memang bernada amat pesimistis, dan bahkan terdapat ketidakjelasan dengan apa yang ia sebut dengan berkembang ke dalam menjadi semakin rumit. Tetapi konsep involusi Geertz diterapkan pada fenomena masyarakat petani Jawa, sebaliknya masyarakat Banten pada abad XVI-XVII bukan cuma masyarakat petani. Daulah Banten pada puncak kejayaannya, merupakan kawasan politik, administrasi, sosial yang multi ras/etnis, diferensiasi dan spesialisasi kerja yang tinggi dan kompleks. Komunitas pendukung budaya Banten waktu itu, adalah masyarakat kompleks (*complex society*).

Apakah masyarakat dan budaya Banten pernah dan terus mengalami "collapse"? Dengan mengenyampingkan terlebih dahulu mengenai batasan collapse, awal pembicaraan dilanjutkan dengan menganalisis fenomena.

Kehadiran Belanda telah menimbulkan pertentangan dan fraksi-fraksi dalam elite pribumi/ kerajaan yang menimbulkan berbagai pemberontakan. Pada kasus Banten, kita dapat melihat *internal conflict* antara Sultan Ageng Tirtayasa dengan anaknya Sultan Haji, yang cenderung berpihak kepada Belanda.

Proses dan gejala yang tampak pada abad XVII-XVIII adalah, perekonomian masyarakat yang semula berorientasi ke luar (*external trade*), berubah menjadi perdagangan (Ong-hokham 1984:46-47). Namun secara ekonomis, gangguan yang paling intrusif yang dilakukan oleh Barat pada waktu itu, ialah mengharuskan/harusnya masyarakat pribumi mundur ke luar dari konteks perdagangan internasional akibat supremasi Barat (Thee Kian-wie 1984:49).

Pola peralihan eksternal ke internal tersebut, tampak misalnya pada Banten yang semula menguasai produksi serta pemasaran rempah-rempah di Lampung. Selama hal tersebut berlangsung, maka Banten tidak menghasilkan padi baru dalam arti berusaha meningkatkan produksi padi. Kelak ketika monopoli rempah-rempah itu guncang karena muncul kekuasaan dan kekuatan armada dagang VOC, maka Banten memproduksi padi (Ong-hokham 1983:8). Peranan dan harga lahan menjadi amat penting bagi elite/the ruling-class.

Banten sebagai pusat tamaddun setelah mencapai puncak perkembangannya, memang mengalami "collapse" setelah secara beruntun kehilangan legalitas ekonomi, militer dan akhirnya politik (Michrob 1990).

Masalahnya sekarang adalah mengamati faktor-faktor dominan dari berlangsungnya proses pembentukan, integrasi, stabilisasi, konflik serta collapsenya masyarakat kompleks dalam sistem budaya Banten. Jika hal tersebut kemudian dapat dijelaskan, adalah menarik pula untuk merunut faktor-faktor lain, yang ikut "terbawa" dalam proses tersebut.

Makalah ini memusatkan perhatian pada salah satu faktor lain yang ikut "terbawa" dalam

pasang-naik dan pasang-surut tamaddun yang dikembangkan masyarakat kompleks Banten, yakni faktor metalurgi.

Metalurgi yang secara tradisional dalam berbagai kajian sering dianggap sebagai teknologi dan profesi yang lebih bersifat/berlingkup magis-religius, ketimbang fungsi dan peranannya dalam event-event politik, ekonomi, sosial dan militer. Tradisionalisme ini dipengaruhi antara lain karena metalurgi sebagai produk, dalam kajian-kajian arkeologi berulang kali secara fragmentaris ditemukan dalam konteks kubur, sementara dalam lingkup etnografis ditemukan dalam konteks ritus, seremoni dan penguburan.

Dalam kajian arkeologi perkotaan Banten, bukti-bukti metalurgi demikian melimpah meskipun tidak pernah akan mencapai seratus persen. Namun secara hipotesis dan empiris dapat diangkat ke dalam eksplanasi struktur, konteks, fungsi serta perilaku budaya yang lebih luas serta lebih terkait satu dengan yang lain.

Makalah ini mencoba memperlihatkan korelasi metalurgi dan event-event poleksosbud kesejarahan dari daulah Banten, untuk melengkapi hasil kajian misalnya yang telah dilakukan oleh Mundardjito (1980, 1981) dan Ronny Siswandhi (1980 dan 1983).

2. Kerangka Penalaran

Masyarakat kompleks pada umumnya memiliki pengertian yang mengacu pada besaran (*size*) masyarakat, satuan-satuannya (*units*), keberagaman peranan dan spesialisasi masyarakat, semakin rumitnya hubungan dan mekanisme organisasi dengan anggotanya serta pemfungsian-nya. Masyarakat kompleks juga mengacu pada keberagaman karakteristik sub-sistem, proses integrasi, proses pembentukan hierarki dan stratifikasi, serta pluralitas masyarakat sebagai produk dari kompleksitas tersebut (Schoorl 1980:88).

Richard H. Hall (1972:143-147) menyatakan bahwa kompleksitas masyarakat mengandung pengertian adanya diferensiasi masyarakat baik secara horizontal maupun vertikal, menyebarnya aktivitas melalui pemisahan pusat-pusat otoritas (*spatial dispersion*). Selanjutnya Hall, Haas dan Johnson menjabarkan *spatial dispersion* sebagai salah satu unsur masyarakat kom-

plek itu, mencakup (a) dispersi tingkatan fasilitas sosial, (b) penyebaran lokasi-lokasi aktivitas serta jaraknya dari pusat, (c) penyebaran tenaga-tenaga profesi dalam ruang maupun jenis profesi (1963:9-17).

Di dalam konteks sistem budaya Banten pada masa daulah Islam, masyarakat komplek seperti yang terkandung unsur-unsur pengertiannya dalam definisi-definisi di atas, dapat diamati melalui beberapa indikator, misalnya:

- 33 toponim pemukiman berdasarkan peta L. Serrurier 1902, yang mengacu pada keragaman jabatan/pangkat, profesi, etnisitas dan ras, sekaligus penafsiran pengorganisasiannya (Serrurier 1902; Ambary 1980; Tjandrasasmita 1982).
- Keberagaman pola penggunaan/tata-guna lahan dalam sejarah perkembangan kota Banten Lama (Wibisono 1988:36-47).
- Variabilitas temuan mencapai lebih dari 120 spesimen yang berhasil diidentifikasi dalam penelitian (Harkantiningsih 1988:48-62).
- Perkembangan dan perubahan-perubahan Kota Banten yang berhasil diamati dalam penelitian melalui teknik overlay terhadap peta kuna, peta baru, foto udara dan kajian lapangan (Michrob 1987).
- Keberagaman penggunaan mata-uang sebagai alat pembayaran yang syah dan baku (Prio Widiono 1986:330-353).
- Keberagaman penggunaan publik, misalnya konstruksi/instalasi pengadaan air bersih (Prachmatika 1984), bangunan keagamaan (Michrob 1991), sistem pertahanan (Nurhadi 1982; Danie Hindrawan 1986).
- Keberagaman produk literer masa kesultanan Banten (Suwedi Montana 1986:64-77).
- dan sebagainya, termasuk keberagaman aktivitas dan produk kesenian (beladiri, tari, karya dll), maupun produk dan aktivitas perdagangan.

Sementara itu, sesuai dengan tujuan paparan makalah ini untuk mengamati korelasi metalurgi dan proses sejarah dalam sistem budaya Banten, maka metalurgi di sini tidak dimaksudkan untuk diuraikan pengertiannya seperti yang dimaksud oleh Grosvenor (1954:1), yakni sebagai ilmu yang mempelajari cara-cara ekstraksi metal dari sumbernya (menambang)

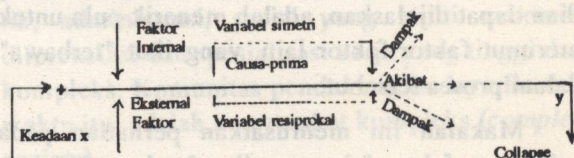
dan teknik pembuatan alat-alat metal. Sebaliknya makalah ini hanya akan melihat, baik secara hipotetik maupun empirik, bagaimana posisi-posisi produk teknikalitas masyarakat dalam sistem budaya Banten di bidang metalurgi berantisipasi dan dipengaruhi oleh peristiwa-peristiwa POLEKSOSBUD pada masanya.

Dan bukan pula untuk menjelaskan posisinya dalam proses pembentukan peradaban secara khusus, yang dikatakan oleh V. Gordon Childe sebagai "*....a crucial ingredient or subsystem in the process of early urbanization*" (1950:3-17). Mungkin dalam kajian ini, sehubungan dengan fenomena pasang-naik dan pasang surut daulah Islam Banten, maka metalurgi akan lebih dianggap sebagai "*.....has become a major battleground....*" seperti dinyatakan oleh Theodore A. Wertime (1973:885).

Produk metalurgi dalam makalah ini dilihat dalam fungsinya sebagai media adaptasi baik dalam masa damai maupun konflik. Variabilitas dan kuantitas dari setiap produk, termasuk perubahan/pengalihan sentra produk tertentu kepada jenis produk lain yang sesuai dengan tuntutan kondisi POLEKSOSBUD lokal.

Konflik adalah salah satu sisi lain dari adaptasi dalam perubahan-perubahan sistem, selain partisipasi sebagai sisi yang lainnya lagi dari adaptasi. Ada yang menyatakan bahwa konflik adalah partisipasi yang tidak terakomodasikan. Manajemen konflik akan menentukan apakah suatu konflik yang menjadi berlarut-larut berkepanjangan akan menyebabkan "collapse-nya" sesuatu sistem.

Sebenarnya, dalam konteks yang lain, pada ajaran agama Hindu, juga terdapat terminologi yang mirip, yakni *pralaya* yang akan terjadi pada masa *kaliyuga*, yang antara lain ditandai peperangan dahsyat atau pun bencana alam, wabah penyakit dan sebagainya. Pralaya menandai akan terjadinya pergantian dinasti, pergantian otoliter politik, bahkan perpindahan kerajaan secara lokasional. Pola dari suatu "collapse" atau pun pralaya dalam pengertian Hinduistik, dapat digambarkan sebagai berikut.



Dari diagram tersebut, akan tampak proses dari sesuatu keadaan tertentu menuju keadaan yang lain yang lebih bersifat negatif/fatal, yang dipengaruhi oleh berbagai faktor/variabel, baik internal maupun eksternal, yang dibedakan pula ke dalam kelompok: (a) penyebab utama atau causa-prima menjadi prime-mover dari sesuatu, (b) faktor/variabel simetri yakni faktor-faktor yang mengiringi sesuatu proses akibat tak langsung dari terjadinya penyebab pertama.

Akibat tekanan berbagai faktor tersebut adalah keadaan menuju kehancuran dengan berbagai dampaknya. Tainter mengemukakan perspektif "collapse" dengan transformasi peradaban sebagai bentuk-bentuk budaya/kebudayaan seperti dikemukakan oleh sejumlah ahli, yang pada umumnya mengacu pada "mono-causa" (1988). Misalnya Spengler, Toynbee dan Huntington menganggap keruntuhan emperium Romawi karena faktor iklim. Selanjutnya Winkles dan Browning menyempurnakan teori klimak tersebut, secara lebih terinci, yakni faktor-faktor fisis (termasuk vulkanisme) mengubah iklim, yang berdampak perubahan suplai bahan makanan, yang juga akan mengubah perilaku budaya (Tainter 1988:44-45).

Selanjutnya Tainter setelah mengamati berbagai kasus keruntuhan peradaban pada berbagai "pusat", berhasil mengidentifikasi dan menginventarisir sejumlah faktor, yang dapat mengarah pada kondisi menuju kolapsnya peradaban tertentu, yakni:

1. rendahnya tingkat dan keanekaan pelapisan sosial;
2. rendahnya spesialisasi aktivitas ekonomi dan pekerjaan dalam skala individu, kelompok dan wilayah;
3. rendahnya tingkat regulasi dan integrasi oleh elite terhadap kelompok-kelompok politik dan ekonomi;
4. rendahnya tatalaku dan regimentasi kekuasaan dalam masyarakat;
5. rendahnya investasi dalam bidang sivilisasi; seperti monumen, seni, sastra, ilmu pengetahuan dan sebagainya;
6. rendahnya arus dan distribusi informasi antar individu, kelompok, sub-pusat, pusat dan pusat-pusat;
7. rendahnya kendali koordinasi dan pengor-

ganisasian individu-individu dan kelompok-kelompok;

8. rendahnya kemampuan pembiayaan dan penguasaan dalam distribusi sumberdaya;
9. serangan dari luar dan sebagainya.

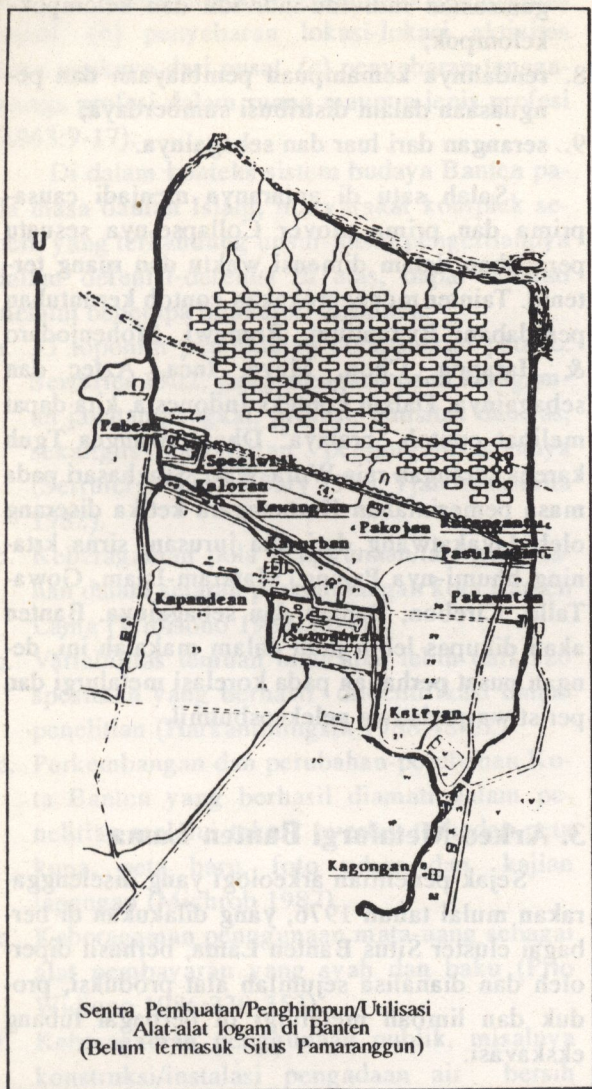
Salah satu di antaranya menjadi causa-prima dan prime mover Collapse-nya sesuatu peradaban dalam dimensi waktu dan ruang tertentu. Tainter mengemukakan contoh keruntuhan peradaban: Byzantium, Romawi, Mohenjodaro & Harappa, Chou, Maya, Inca, Aztec dan sebagainya. Dalam konteks Indonesia, kita dapat melihat contoh "pralaya" Dharmawangsa Tguh karena serangan raja Wura-Wari, Singhasari pada masa pemerintahan Kertanagara ketika diserang oleh Jayakatwang dari dua jurusan, sirna krta-ning bhumi-nya Pajang, Mataram-Islam, Gowa-Tallo, Cirebon, Banten dan sebagainya. Banten akan dikupas lebih jauh dalam makalah ini, dengan pusat perhatian pada korelasi metalurgi dan peristiwa-peristiwa peleksosbutmil.

3. Arkeo Metalurgi Banten Lama

Sejak penelitian arkeologi yang diselenggarakan mulai tahun 1976, yang dilakukan di berbagai cluster Situs Banten Lama, berhasil diperoleh dan dianalisa sejumlah alat produksi, produk dan limbah metalurgi di berbagai lubang ekskavasi.

Hal yang sama diperoleh pula dari berbagai survei muka tanah di Situs Banten Lama serta penyerahan berbagai temuan dari penduduk setempat. Sebagian dari koleksi data metalurgi tersebut diperagakan dalam pameran tetap Museum situs Kepurbakalaan Banten Lama.

Lokalitas penemuan bukti metalurgi, baik dalam konteks produksi maupun penghimpunan dan utilisasinya, tersebar pada cluster-cluster, yang pada sisi lain memberikan bukti empiris lainnya, yakni adanya kesesuaian antara lokasi openemuan dan karakter situs, seperti dapat ditelusuri melalui peta yang dibuat oleh L. Serrurier pada tahun 1902. Sebagian besar toponim yang disebutkan oleh Serrurier masih dikenali oleh penduduk setempat. Peta berikut ini memperlihatkan pola sebaran arkeo-metalurgi Banten Lama.



Dari peta pola sebaran arkeo-metalurgi Banten Lama, terlihat adanya pola sebaran "utara-selatan", dimana sebagian besar berada di sebelah utara Keraton Surosowan, dan sebagian kecil lainnya berada di Surosowan bagian selatan. Lebih jauh, dari pola penyebaran tersebut, perlu diperhatikan pula, bahwa kawasan di sebelah utara Surosowan merupakan kawasan yang relatif lebih "profan" daripada Surosowan bagian selatannya yang lebih "sakral". Bagian utara, merupakan pusat aktivitas lintas orang, barang dan jasa. Sementara itu kawasan bagian selatan merupakan pusat sosio-politis dan religius.

Apabila dilihat penyebarannya, maka produk metalurgi dalam sistem budaya Banten,

maka terlihat pengelompokan berdasarkan aktivitas dan produknya, seperti pada tabel berikut.

Lokasi/Toponim	Aktivitas/Produksi Metalurgi
PAKAWATAB KAGONGAN KAMARANGG EN KEPANDEAN	Penghasil Alat-alat Perang & Damai
SUROSOWAN PASULAMAN SPEELWIJK PABEAN	Penghasil Kerajinan & mata uang logam (coinage) dan penghimpun alat perang.
KARANGANTU PABEAN PAKOJAN	Aktivitas Pasar/Dagang/Transportasi
KAWANGSAN KALORAN KASATRYK KAPURBAN	Sentra/Penghimpun Alat-alat Pertahanan

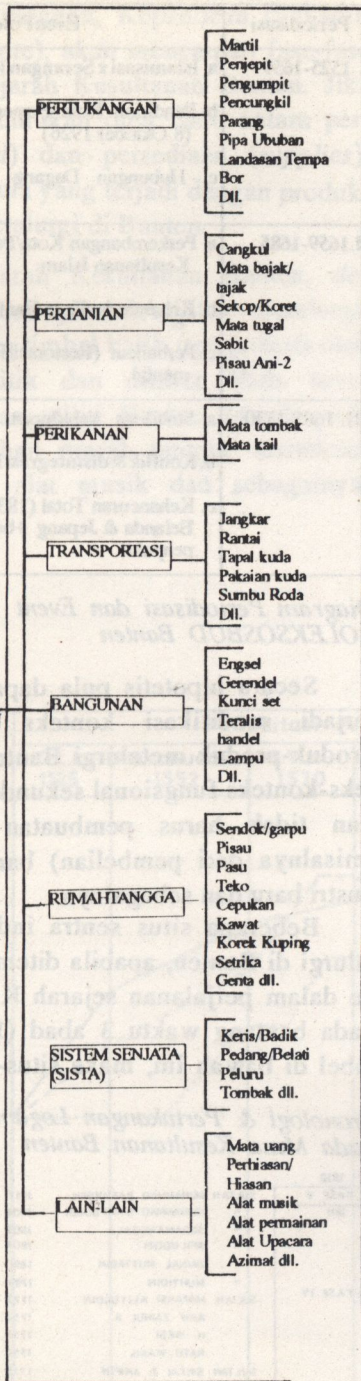
Kelompok aktivitas yang berkaitan dengan produksi dan produk metalurgi Banten, memperlihatkan adanya kelompok-kelompok:

- lokasi-lokasi penghasil alat-alat perang dan alat bukan sistem persenjataan pertahanan atau alat-alat di masa damai;
- lokasi-lokasi penghasil kerajinan, mata uang logam dan sekaligus penghimpun/sentra alat-alat perang (sista);
- sentra transaksi (pasar perdagangan) dan transportasi;
- sentra khusus penghimpunan alat-alat perang/pertahanan (sista).

Pada peta sebaran situs metalurgi tersebut di atas, tampak adanya percampuran aktivitas yang berkaitan dengan metalurgi, pada keadaan tertentu (damai atau perang) secara cepat dapat diubah atau dimodifikasi sesuai dengan tuntutan keadaan. Selain terjadi pengubahan produk juga terjadi modifikasi fungsional.

Apabila dilihat dari klasifikasi metalurgi di masa Kesultanan Banten, tampak keberagaman produknya yang merupakan kontribusi abilitas dan teknikalitas metalurgi terhadap sivilisasi Banten, seperti pada diagram berikut ini:

KONTRIBUSI
PRODUK
METALURGI BANTEN
LAMA



Sedangkan apabila dari pola-pola penggunaan bahan (*raw material*) logam bagi pembuatan berbagai jenis kebutuhan, tampak tidak adanya pola yang tegas dalam bahan yang digunakan, seperti tampak pada tabel berikut ini.

Ragam Artefak Produk Metalurgi
Situs/Budaya Banten Lama

No.	Kelompok	Bahan			
		Besi	Perunggu	Timah	Temaga
01.	SENJATA	+++	+	+	+
02.	PERTANIAN/PERIKANAN	+	+	-	-
03.	TRANSPORTASI	+	-	-	-
04.	ALAT PEMBAYARAN YANGSAH	-	+	+	+
05.	ARSITEKTUR	+++	+	-	-
06.	RUMAHTANGGA	+++	+	+	+
07.	PENERANGAN	+++	+	-	+
08.	MUSIK	-	+	+	+
09.	MAINAN(TOYS)	-	+	-	+
10.	PERHIASAN	-	+	-	+
11.	AZIMAT/ALAT KEKEBALAN	+	+	-	+
12.	PEMUKUL	+	-	-	-
13.	ALAT PERTUKANGAN	+++	-	-	-
14.	WADAH	+	+	-	+

Keterangan: +++ = frekuensi tinggi
++ = frekuensi sedang
+ = frekuensi rendah

Dari konteks ekskavasi, sisa-sisa produk metalurgi Banten, memperlihatkan asosiasi aneka sebagai berikut:

- dalam konteks industri gerabah
- dalam konteks industri logam
- dalam konteks istana dan rumah tinggal
- dalam konteks pasar/perdagangan
- konteks bangunan kubur (lampu/pagar/tempat tidur).

Sementara itu, sejumlah kecil situs berhasil ditetapkan pertanggalannya berdasarkan dating mata uang dan keramik atau pun berita sejarah, namun penetapan pertanggalan tersebut, pada umumnya masih bersifat relatif dan diambil kisaran untuk pertanggalan yang dianggap paling tua, seperti tampak pada tabel berikut:

Kronologi Situs Metalurgi

Penelitian Arkeologi	Jembatan Rante	XVI-XVIIM
1976-1989	Sukadiri	XVIIM
	Surosowan	XVIII-XIXM
	(Ronny Siswandhi 1980:135)	

Secara relatif pula dapat diasumsikan bahwa aktivitas situs mengalami perubahan pola, produk dan fungsi menurut atau disesuaikan dengan terutama kondisi politik dan militer.

4. Korelasi Kesejarahan Metalurgi di Banten Lama

Secara hipotetis dapat dikemukakan model atau paling tidak mengenai produk/utilitas serta peranan metalurgi dalam situasi politik-militer masa Kesultanan Banten, secara garis besar dapat diperlihatkan sebagai berikut:

Peristiwa	Sifat&Lingkup	Produk/Utilitis
Penaklukan Banten Girang oleh Sultan Hasanudin (Perang I)	International conflict, BG dipindahkan ke BL lepas dari Pajajaran, perang kecil (pertempuran).	Keris dan tombak.
Aksi Militer Sultan Yusuf (Perang II)	Regional conflict, syi'ar Islam berlanjuts/d Bogor.	Keris, tombak, panah & golok
Tirtayasa vs Sultan Haji (Perang III)	Internal conflict + intervensi Bld, pemecahan pusat pemerintahan, perang besar	Keris, tombak, golok, badik, peluru pestol, meriam, peluru dll.
Agresi Daendells (Perang IV)	Colonial conflict, bumi hangus, peralaya Banten, perpindahan administrasi pemerintahan ke Serang, perang besar/menentukan nasib Banten.	Keris, golok, tombak, badik, pestol, meriam, peluru dll.

Sementara itu, dari sisi lain tampak pembabakan umum dari sejarah Kesultanan Banten dengan peristiwa-peristiwa POLEKSOSBUD di Banten seperti:

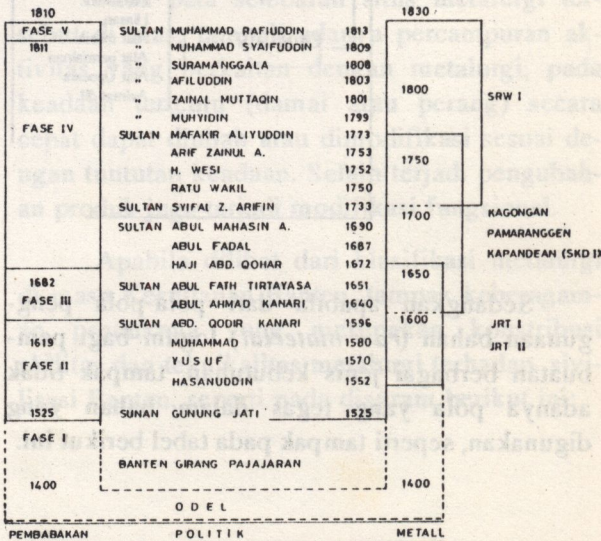
Periodisasi	Even Poleksosbud
I. 1525-1659	a. Islamisasi x Serangan lokal (1525-1570) b. Pendirian Kota Pemerintahan Islam (8 Oktober 1926) c. Hubungan Dagang Internasional (POLEK)
II. 1659-1685	a. Perkembangan Kota/Pemerintahan Kesultanan Islam b. Kehancuran Kota Banten I (1682-1685) c. Perbaikan (Restorasi/Rebuilding) fisik & mental
III. 1685-1830	a. Stabilitas kehidupan IPOLEKSOSBUDHAN b. Konflik & disintegrasi POLKAM c. Kehancuran Total (1830-1945: pressure Belanda & Jepang + bencana alam/wabah penyakit.

Diagram Periodisasi dan Event POLEKSOSBUD Banten

Secara hipotetis pula dapat dianggap telah terjadi modifikasi konteks fungsional dari produk-produk metalurgi Banten ke dalam konteks-konteks fungsional sekunder, dalam pengertian tidak harus pembuatan baru/pengadaan (misalnya dari pembelian) baru, pendirian, industri baru dan sebagainya.

Beberapa situs sentra industri/utilitas metalurgi di Banten, apabila ditempatkan posisinya ke dalam perjalanan sejarah Kesultanan Banten pada bentang waktu 3 abad (1525-1811), pada tabel di bawah ini, maka situs-situs Surosowan,

Kronologi & Pertukangan Logam Pada Masa Kesultanan Banten



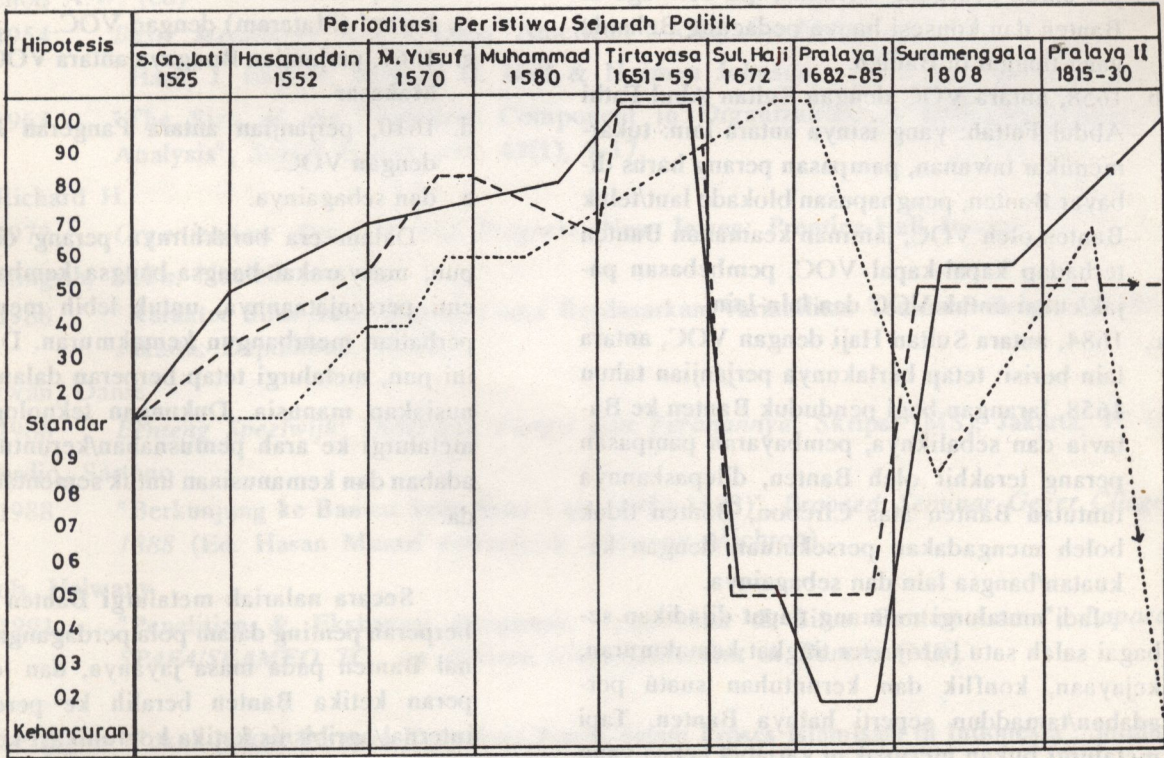
Kagongan, Pamaranggan, Kepandean (Sukadiri dan Jembatan Rante), akan menempati fase-fase II s/d V dari Sejarah Kesultanan Banten. Jika asumsi harga ditentukan oleh rasio antara permintaan (*demand*) dan persediaan (*supplies*), maka demikian pula yang terjadi dengan produk-produk/utilitas metalurgi di Banten.

Dalam sejarah Kesultanan Banten, *demand* dan *supplies* produk/utilitas metalurgi, dipengaruhi secara timbal balik (resiprokal) oleh faktor-faktor politik dan militer. Pada masa damai, produk dan utiliti Banten terarah pada pola-pola kebutuhan rumah tangga, arsitektur, hiasan/perhiasan, alat musik dan sebagainya.

Sebaliknya pada masa perang/konflik terdapat modifikasi secara cepat yang mengarah pada produk/utilitas sistem persenjataan/pertahanan.

Lebih jauh lagi trend produk dan utilitas metalurgi Banten dipengaruhi ketangguhan sentra politik untuk dapat mengamankan dan mengendalikan manajemen dan tata niaga lada, yang menjadi komoditas andalan utama dalam perekonomian kesultanan. Ketangguhan sentra politik tersebut dipengaruhi oleh ketahanan militer kesultanan serta agresivitas militer kekuatan dari luar, khususnya Belanda. Fluktuasi kebutuhan (produk/utilitas) metalurgi Banten secara hipotetik dapat digambarkan sebagai berikut.

Diagram Korelasi Antara Fungsi & Produk Metalurgi Dan Fluktuasi Politik Kesultanan Banten Lama



KETERANGAN:

- = Ideofak : Data Artefak Keagamaan
- - - = Sosiofak : Data Sisa Pertukangan Logam/Mekanisme Kohesi Sosial
- = Teknofak : Data Artefak untuk Kebutuhan Keadaan Damai x Perang

Pengalihan monopoli manajemen lada oleh Belanda, dimana pun di Nusantara ini, tak pernah benar-benar direbut karena pertempuran, melainkan oleh *perjanjian-perjanjian* yang berat sebelah dan senantiasa merugikan/melemahkan atau menempatkan posisi penguasa pribumi ke dalam situasi tanpa bisa memilih.

Pembuatan perjanjian dalam bentuk apa pun dilihat sepanjang menguntungkan, telah menjadi muslihat yang sering dipakai oleh VOC (Taufik Abdullah 1984:16), selain tentunya taktik pecah-belah intern elite kekuasaan terus dilakukan, dan justru menjadi pra-kondisi untuk dibuatnya perjanjian.

Pada kasus Banten, perjanjian-perjanjian itu adalah:

- a. 1609, antara Mangkubumi dengan VOC, dimana ditetapkan Banten akan dibantu VOC apabila diserang negara lain, pembebasan pajak untuk pedagang Belanda, ijin berniaga di Banten dan konsesi hanya pedagang Belanda yang tinggal di Banten.
- b. 1658, antara VOC dengan Sultan Abul Fathi Abdul Fattah: yang isinya antara lain: tukar-menukar tawanan, pampasan perang harus dibayar Banten, penghapusan blokade laut/teluk Banten oleh VOC, jaminan keamanan Banten terhadap kapal-kapal VOC, pembebasan pajak/cukai untuk VOC dan lain-lain.
- c. 1684, antara Sultan Haji dengan VOC, antara lain berisi: tetap berlakunya perjanjian tahun 1658, larangan bagi penduduk Banten ke Batavia dan sebaliknya, pembayaran pampasan perang terakhir oleh Banten, dilepaskannya tuntutan Banten atas Cirebon, Banten tidak boleh mengadakan persekutuan dengan kekuatan/bangsa lain dan sebagainya.

Jadi metalurgi memang dapat dijadikan sebagai salah satu barometer tingkat kemakmuran, kejayaan, konflik dan keruntuhan suatu peradaban/tamaddun seperti halnya Banten. Tapi metalurgi bukan merupakan variabel bebas yang langsung dapat berperan sebagai *prima causa* atau pun *prime-mover* dari tumbuh, berkembang dan runtuhnya peradaban.

abad XIV-XVII di Asia Tenggara, adalah keandalan sistem politik lokal dalam menguasai lintas barang dan jasa dari komoditas utama dalam sistem perekonomian setempat. Banten atau kerajaan-kerajaan lain di Nusantara, memang mampu beberapa kali mengirimkan ekspedisi penaklukan, tetapi sebaliknya, tidak memiliki kemampuan untuk menduduki daerah taklukannya. Dalam kasus Banten berlaku keadaan tidak berhasilnya penguasaan Lampung sebagai sumber lada, akibat blokade armada laut VOC.

Ironi sejarah yang sering berulang, kejatuhan daulah Islam dan berbagai wilayah Nusantara, diperangkap melalui penandatanganan perjanjian penguasa lokal/pribumi dengan VOC/Belanda:

- a. 1643, antara Jambi dengan VOC yang pada intinya merupakan pengakuan hak monopoli dagang VOC.
- b. 1648, kontrak 30 tahun antara Sultan Amangkurat I (Mataram) dengan VOC.
- c. 1667, perjanjian Bongaya antara VOC dengan Makasar
- d. 1610, perjanjian antara Pangeran Jayakarta dengan VOC.
- e. dan sebagainya.

Dalam era berakhirnya perang dingin ini pun, masyarakat bangsa-bangsa kembali melucuti persenjataannya, untuk lebih memusatkan perhatian membangun kemakmuran. Dalam hal ini pun, metalurgi tetap berperan dalam memanusiaikan manusia. Dukungan teknologi tinggi metalurgi ke arah pemusnahan/keruntuhan peradaban dan kemanusiaan untuk sementara tertunda.

Secara nalariah metalurgi Banten memang berperan penting dalam pola perdagangan eksternal Banten pada masa jayanya, dan tetap berperan ketika Banten beralih ke perdagangan internal/agribisnis ketika komunikasi keluar akibat dari blokade armada laut VOC.

Variabel pokok dalam keruntuhan penguasaan-penguasaan lokal/pribumi pada bentang

Kepustakaan

Abdullah, Taufik

- 1980 "Sipil-Militer di Dunia Ketiga: Sebuah Raksonomi Pengantar", *Prisma*, No.12/Desember, Jakarta: LP3ES, 3-11.

- 1984 "Reaksi Terhadap Perluasan Kuasa Kolonial: Jambi dalam Perbandingan", *Prisma*, No.11, Jakarta: LP3ES, 12-27.

Ambary, Hasan Muarif

- 1980 "Tinjauan tentang Penelitian Perkotaan Banten Lama", *PIA I*, 1977, Jakarta: Depdikbud, 443-469.

Childe, V. Gordon

- 1950 "The Urban Revolution", *Town Planning Review*, vol. 21(1), Liverpool: University Press, 3-17.

Geertz, Clifford

- 1983 *Involusi Pertanian-Proses Perubahan Ekologi di Indonesia*, Jakarta: Bhratara Karya Aksara.

Grosvenor, A.W. (ed)

- 1954 *Basic Metallurgy*, vol. I, Ohio: American Society for Metals.

Haas, J. Eugene, Richard H. Hall & Norman Johnson

- 1963 "The Size of the Supportive Component in Organization: A Multi Organizational Analysis", *Social Forces*, vol. 42(1), 9-17.

Hall, Richard H.

- 1972 *Organization: Structure and Progress*, New Jersey: Prentice-Hall Incorp.

Harkantingsih, M.Th. Naniek

- 1988 "Karakter Situs-Situs Banten Lama Berdasarkan Variabilitas Temuan" *Rehpa III-1986*, Jakarta: Depdikbud, 48-63.

Hindarwan, Danie

- 1986 *Benteng Speelwijk: Deskripsi, Fungsi dan Peranannya*, Skripsi (MS), Jakarta: FS-UI.

Kartodirdjo, Sartono

- 1988 "Berkunjung ke Banten Satu Abad Lalu (1979-1888)", *Proceed. Seminar Geger Cilegon 1888* (Ed. Hasan Muarif Ambary & Halwany Michrob).

Michrob, Halwany

- 1991 "Penelitian & Ekskavasi Bangunan Keagamaan di Situs Banten Lama", *Laporan SPAFA/SEAMEO TC on Ancient Cities/Settlement di Banten* (MS).

- 1990 "Pokok-pokok Peranan Kota-Kota Pantai dalam Proses Islamisasi di Indonesia", *Studium Generale*, IAIN Syarif Hidayatullah. Jakarta, 5 Desember (MS).

- 1987 *A Hypothetical Reconstruction of the Islamic City of Banten Indonesia*, Master Sciences These at the University of Pennsylvania, USA.

Montana, Suwedhi

- 1988 "Evaluasi Terapan Data Tekstual untuk Penelitian Arkeologi Banten", *REHPA III-1986*. Jakarta: Pusat Penelitian Arkeologi Nasional, 64-77.

Mundardjito

- 1980 "Wadah Pelebur Logam dari Ekskavasi Banten 1976, Sumbangan Data Bagi Sejarah Teknologi", *PIA I-1977*. Jakarta: Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, 544-574.

- 1981 "The Problem of Function Interpretation: The Need of Ethnographic Analogy in Indonesia", *Aspects of Indonesian Archaeology*, No.11, Jakarta: Depdikbud.

Nurhadi

- 1982 "Catatan Tentang Desain Benteng Surosowan Banten - Sebuah Pengkajian Data Lapangan", *PIA II-1980*, Jakarta, Depdikbud.

Onghokham

- 1983 "Merosotnya Peranan Pribumi dalam Perdagangan Komoditi", *Prisma*, No.8. Jakarta: LP3ES, 3-19.

- 1984 "Reaksi Terhadap Kekalahan: Perbenturan dengan Barat, Reaksi dan Akibat", *Prisma*, No.11, Jakarta: LP3ES, 45-48.

Prachmatika

- 1984 "Bangunan-Bangunan Air Bersih di Banten Lama", Skripsi (MS), Jakarta: FS-UI.

Schoorl, J.W.

- 1980 "Modernisasi: Pengantar Sosiologi Pembangunan Negara-negara Sedang Berkembang, Jakarta: P.T. Gramedia.

Serruier, L.

- 1902 "Kaart van Oud Bantam", *TBG*, XLV, 's-Gravenhage: Martinus Nijhoff.

Siswandhi, Ronny

- 1980 *Sisa-sisa Kegiatan Pertukangan Logam di Banten Lama*, Skripsi (MS), Jakarta: FS-UI.

- 1986 "Pendekatan Etik dan Emik dalam Etnoarkeologi", *PIA IV*, 1986, Jakarta: Depdikbud, 249-263.

Tainter, Joseph A.

- 1988 *The Collapse of Complex Societies*, New York: Cambridge University Press.

Thee Kian-wie

- 1984 "Kolonialisme dan Ekonomi Indonesia", *Prisma*, No.11, Jakarta: LP3ES, 49-53.

Tjandrasasmita, Uka

- 1982 "Peninggalan Purbakala dan Mobilitas Sosial", *PIA II*, 1980, Jakarta: Depdikbud, 695-708.

Wertime, Theodore A.

- 1973 "The beginnings of Metallurgy: A New Look", *Science*, Vol. 182 (4115), 875-886.

Wibisono, Sonny Chr.

- 1988 "Pola Penggunaan Lahan dalam Sejarah Perkembangan Kota Banten Lama", *Rehpa III*, 1986, Jakarta: Depdikbud, 36-47.

Widiono, Prio

- 1986 "Masalah Penelitian Mata Uang Logam di Situs Banten Lama", *PIA IV*, 1986, Jakarta: Depdikbud, 330-353.

BERITA TEMUAN

PRASEJARAH

Ditemukan Artefak Paleolitik di Sulawesi Selatan

Di dalam peta persebaran situs prasejarah Indonesia, daerah Sulawesi Selatan tercatat memiliki banyak situs termasuk di dalamnya situs paleolitik seperti halnya yang terdapat di daerah Cabbenge, Soppeng. Baru-baru ini telah ditemukan lagi suatu lokasi yang mengandung artefak batu, yaitu daerah Barru. Pada lokasi tersebut terdapat dua situs yang memiliki deposit alat-alat batu yang berbeda, terdiri dari alat batu masif dan alat-alat serpihbilah.

Situs-situs tersebut terletak di Desa Ralla, secara administratif daerah ini termasuk dalam wilayah Kecamatan Tanete Riaja, Kabupaten Barru. Daerah ini terletak pada posisi geografi 4 derajat 20 menit sampai 4 derajat 26 menit Lintang Selatan dan 12 derajat 50 menit sampai 12 derajat 55 menit Bujur Timur.

Ditinjau dari fisiografi daerah Ralla dan sekitarnya merupakan suatu lembah yang diapit oleh rangkaian pegunungan yang mengarah baratlaut-tenggara. Pada bagian utara dan selatan terpotong oleh rangkaian pegunungan yang

mengarah timurlaut-baratdaya.

Penemuan Situs Ralla adalah hasil informasi Saudara Tanwir, seorang mahasiswa Jurusan Sejarah dan Arkeologi Fakultas Sastra, Universitas Hasanuddin. Berdasarkan informasi tersebut lalu dilakukan penjajakan ke daerah Ralla dan menemukan dua buah situs prasejarah. Kedua situs yang dimaksudkan adalah Situs Sungai Ralla yang menghasilkan temuan alat-alat paleolitik seperti kapak perimbas, kapak penetak, serta batu inti. Sedang situs lainnya, yaitu Situs Bukit Padang Lampe, dengan hasil temuannya berupa serpih dan bilah, lancip, serut serta tatal. Yang menarik dari situs-situs tersebut, terutama Situs Padang Lampe adalah adanya temuan alat batu yang bercampur dengan limbah atau sisa pemangkasan batu (*waste product*) yang memberikan asumsi sementara bahwa kemungkinan situs tersebut adalah situs perbengkelan.

Hasil penemuan ini, tentunya diharapkan dapat memberikan sumbangan yang berharga dalam melengkapi data prasejarah di Sulawesi Selatan.



Wilayah Daerah yang Diapit oleh Pegunungan Camba dan Tonasa, Mengalir Sebuah Sungai yang Memiliki Deposit Perkakas di Sepanjang Aliran Sungai Ralla

ARKEOLOGI ISLAM

1. Kotawaringin, Kalimantan Tengah

Survei di Kalimantan Tengah 1990 & 1991 dilakukan untuk menghimpun data arkeologi Kerajaan Kotawaringin, yang berkembang pada abad ke-16-19.

Hasil survei sebagai berikut:

- a. Kotawaringin Lama diidentifikasi sebagai pusat pemerintahan pertama periode Islam (abad 17). Tinggalan arsitektur di antaranya berupa Istana Alnursari dan rumah bangsawan yang lengkap dengan perlengkapan kerajaan (meriam, barang-barang keramik, mata uang, alat timbang, takaran, gamelan dan dokumen kerajaan), mesjid kuno "Kyai Gede", dan kompleks makam raja "Kuta Tanah".
- b. Sukabumi atau Pangkalan Bun adalah pusat pemerintahan kedua (abad 19), ditandai dengan pendirian Istana Kuning Bukit Indra Kencana yang terbakar tahun 1986. Rancang bangun istana tersebut menyerupai istana Alnursari, yakni merupakan perpaduan gaya seni bangunan Jawa, Melayu-Banjar dan Dayak. Sebagai pusat kota, Pangkalan Bun memiliki dermaga raja, pemukiman pedagang dan pasar di tepi Sungai Arut.
- c. Parit Cina merupakan parit-parit penambang emas yang dikelola raja dengan mempekerjakan imigran Cina dari Kesultanan Sambas. Lokasinya terdapat di Danau Asam, Danau Masurayan, dan Maabu.
- d. Situs Pendulangan dan Sebuai yang terletak di muara sungai Kotawaringin pada tahun 1980 menjadi area penggalian liar. Di situs ini

ditemukan keramik asing Cina dari Dinasti Song (abad 10-13) dan Yuan (abad 13-14) serta mata uang logam Cina. Dari data peranggalan keramik dan mata uang, diduga kedua situs tersebut merupakan bekas pelabuhan Kotawaringin periode sebelum Islam.

2. Banten Girang, Jawa Barat,

Situs Banten Girang merupakan situs kota pra-Islam pada abad 13- 15. Ekskavasi yang dilaksanakan 15 September - 16 Oktober 1991 merupakan kerjasama antara Puslit Arkenas dan EFEO. Pada tahap ketiga ini, ekskavasi bertujuan mengidentifikasi pola parit dan benteng Situs Banten Girang beserta intensitas artefak yang terkonsentrasi dalam benteng.

Hasil-hasil penelitian antara lain:

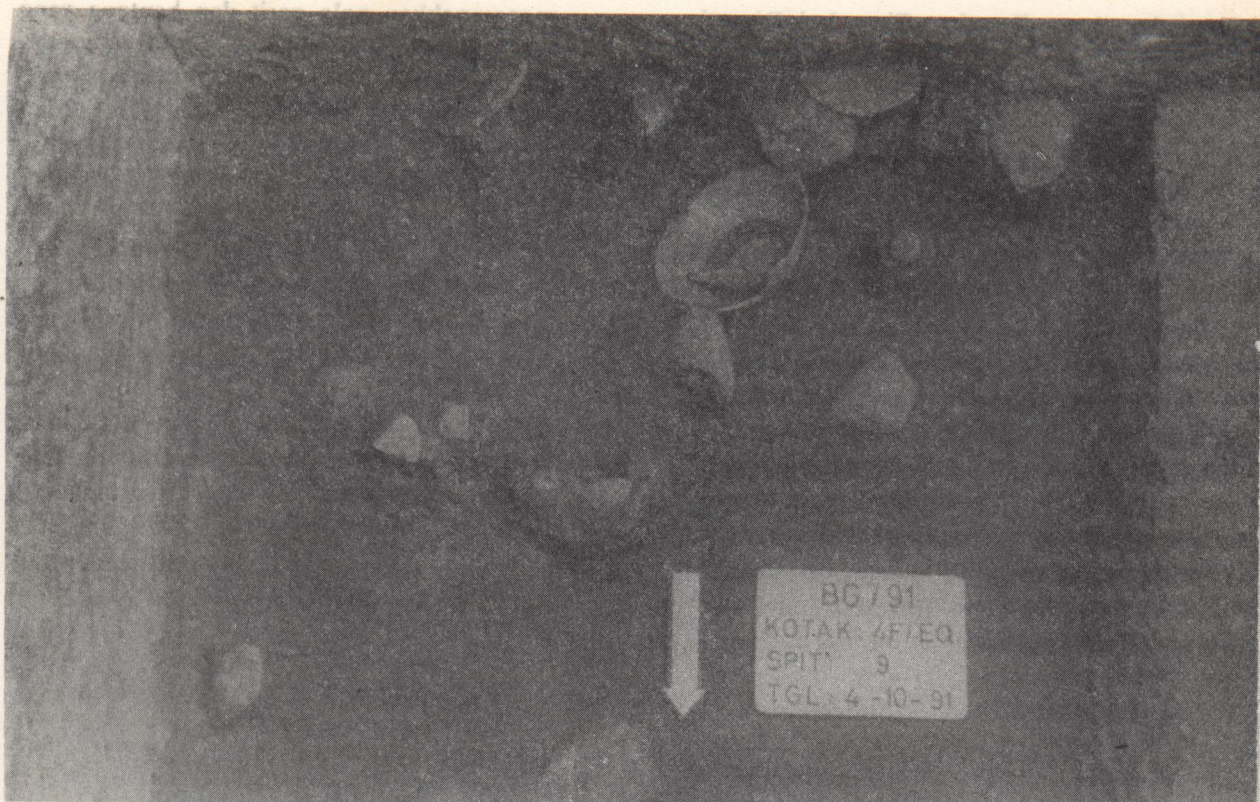
a. Parit Luar; dari 4 kotak ekskavasi dapat

menampakkan pola parit dan benteng yang memanjang utara selatan, kedua ujungnya melingkar ke arah timur menuju Sungai Cibanten.

b. Parit Dalam; ekskavasi di dalam benteng menemukan alur cekungan yang memanjang utara selatan sejajar dengan benteng dengan kedalaman 3,90 m dan lebar 8,00 m. Himpunan artefak amat beragam yang terdiri dari pecahan dan utuhan keramik Dinasti Song (abad 10-13), Yuan (abad 13-14), mata uang logam Cina dari abad 11-12, manik-manik kaca biru, kuning dan hijau, alat pintal benang, pecahan tembikar berhias, gelang perunggu, kerak logam, dan tulang binatang. Komposisi artefak menunjukkan kegiatan pembuangan ke dalam parit bersamaan dengan deposit tanah urugan.



Masjid Kyai Gede, Kotawaringin Lama



Himpunan Artefak di Dalam "Parit Dalam" pada Situs Banten Girang

ARKEOLOGI KLASIK

Penelitian di Desa Kendalbulur, Kelurahan Kendalbulur, Kecamatan Boyolangu, Kabupaten Tulung Agung telah dilakukan dalam empat tahap sejak tahun 1989 sampai dengan tahun 1991. Penelitian tahap I sampai dengan IV telah menghasilkan temuan berupa:

1. Sektor Utara

Bangunan air yang berbentuk mulut saluran air berdenah salib membujur ke timur dengan kemiringan 99° serta melintang utara-selatan dengan kemiringan 189° . Di tepi bangunan air tersebut terdapat parit dari bata. Sumber air yang digunakan adalah air sungai didukung oleh cadangan air tanah pada lapisan *aquifer* serta mata air.

2. Sektor Selatan

a. Bangunan rumah tinggal

Kemungkinan sebagai bagian belakang rumah, hal ini diketahui dari temuan 2 buah

saluran pembuangan (?) yang membujur barat-timur dan temuan lubang-lubang pada bata bekas tiang. Di timur bagian belakang rumah tersebut dibatasi oleh struktur bata yang membujur utara-selatan dengan panjang lebih kurang 7 m, sedangkan di luar struktur bata tersebut banyak ditemukan pecahan tulang binatang (*bovidae*) berupa rahang bawah, gigi geraham, gigi taring dan lain-lain; pecahan tembikar, pecahan keramik stoneware. Kemungkinan artefak tersebut berasal dari saluran pembuangan (?). Diduga bagian depan rumah terdapat di sebelah barat.

b. Bangunan Air

Terletak di sebelah selatan bangunan rumah tinggal, berbentuk persegi panjang dengan ukuran lebar 85 cm, panjang yang sudah tampak 7,5 m dan rupanya masih terus berlanjut ke arah selatan, tinggi 90 cm (lebih

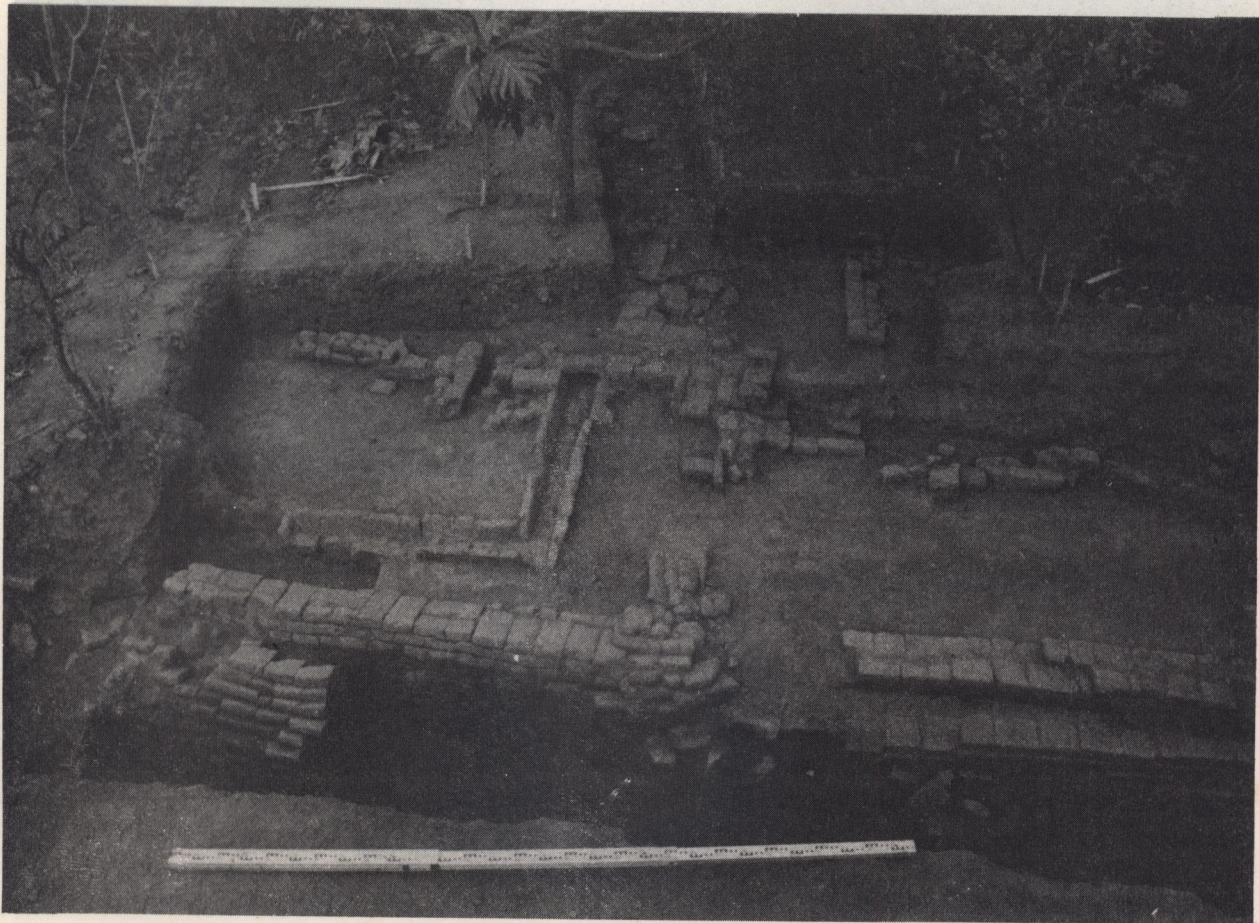
kurang 15 susun bata). Bentuk serta fungsi bangunan ini secara pasti belum dapat diketahui. Diduga struktur bata ini ada hubungannya dengan bangunan air, sebagai tempat penampungan atau penyaringan air.

c. Temuan lainnya adalah pecahan tembikar, keramik, genteng, mata uang logam Cina, kemuncak, pecahan tulang dan sumur kuno.

Berdasarkan temuan yang ada di sektor selatan, diduga sektor ini merupakan lokasi pemukiman masyarakat pendukung bangunan

air. Peninggalan kepurbakalaan di Situs Kendalbulur ini tersebar pada areal tanah seluas 2,5 hektar dan diduga berasal dari masa Majapahit.

Patut dipikirkan untuk mengadakan penelitian lebih lanjut, karena dengan ditemukannya sisa bangunan rumah tinggal telah memperkuat dugaan bahwa lokasi pemukiman masyarakat pendukung bangunan air terletak di sebelah selatan dari bangunan air. Perlu dikemukakan bahwa situs ini terancam kerusakan yang diakibatkan oleh kegiatan pembuatan bata.



Struktur Bagian Belakang Bangunan Rumah Tinggal (Tampak Atas)



Struktur Bangunan Air Dinding Timur Kotak S278 T50

Gambar sampul belakang : Ukiran pada Mesjid Mantingan (Japara) 1559 M

