

Jurnal Arkeologi Malaysia, 12, 1999

## **Keberkesanan Kawalan Persekutaran Bagi Penyimpanan Barang Besi**

oleh

FATHUL KARIM SAHRANI, ABDUL RAZAK DAUD & MOHD AMBAR YARMO

### **Abstrak**

Penganggaran peratusan kawasan karat mengikut piawaian ASTM telah digunakan bagi menilai keberkesanan kawalan persekitaran dalam penyimpanan barang besi. Peratus kawasan permukaan spesimen besi yang diliputi karat dalam persekitaran gas argon adalah rendah berbanding dengan permukaan yang didedahkan dalam persekitaran udara biasa. Bagi spesimen artifak yang disimpan di dalam persekitaran gas argon selama enam bulan, kawasan permukaan yang diliputi karat ialah 0.07% berbanding dengan pendedahan di dalam udara bilik yang menyebabkan 23.00% permukaannya diliputi karat.

### **Abstract**

American Society for Testing Materials (ASTM) standard has been used to evaluate the effectiveness of the environmental control technique in ferrous materials preservation. The percentage of surface area of iron specimens covered by rust in argon gas environment was relatively low compared with surface of the specimens exposed to air. After six months stored in argon gas environment, it was noticed that only 0.07% of the surface of iron artifact specimens were covered by rust whereas for the specimens exposed in room air environment, the rust areas covered about 23.00% of the total surface.

### **Pengenalan**

Zaman pra-sejarah merupakan kronologi awal ketamadunan telah membekalkan kepada kita banyak tinggalan warisan seperti alat-alat batu, logam

dan bahan-bahan dari tanah liat (seramik). Tinggalan warisan bahan-bahan kebudayaan ini merupakan suatu yang sangat penting untuk dipelihara kerana ia merupakan hasil daya cipta manusia sezamannya yang mencerminkan inspirasi, budaya dan cara hidup masyarakat tersebut.<sup>1</sup> Pengekalannya bukan hanya sekadar untuk pamiran, malahan dapat dijadikan sebagai bahan pembelajaran dan rujukan untuk penyelidikan dalam bidang-bidang berkaitan.

Negara kita kaya dengan warisan bahan kebudayaan yang berusia ratusan tahun dan sebahagiannya berjaya dikumpulkan. Namun begitu tidak banyak data-data saintifik tentang keberkesanan pemuliharaannya di persekitaran Malaysia. Artifak besi adalah diantara barang logam yang banyak ditemui yang sebahagian besarnya adalah terdiri dari pelbagai jenis senjata.

Kebanyakan bahan logam mudah mengalami kerosakan di dalam persekitaran yang tidak terkawal. Barang besi mudah berkarat walaupun dalam persekitaran berkelembapan relatif yang rendah.<sup>2</sup> Kehadiran oksigen dan air dengan kuantiti yang sedikit sahaja memadai untuk tindak balas kimia berlaku dan seterusnya memulakan proses pengaratan. Proses pengaratan boleh dihalang sama ada dengan penyalutan menggunakan bahan antikarat atau mengawal persekitaran dimana barang berkenaan ditempatkan.<sup>3</sup> Kelembapan merupakan faktor utama yang memberi kesan yang serius kepada barang artifak besi.<sup>4</sup> Pemuliharaan bahan besi menggunakan pendekatan kawalan persekitaran tertentu telah dikaji dan dilaporkan dalam artikel ini.

### **Penyediaan Spesimen Berkilat**

Spesimen terdiri daripada besi tuangan yang mempunyai ketulenan 98.0%, berbentuk kepingan bulat, berdiameter 16.0mm dan ketebalan 2.8mm. Spesimen dicanai menggunakan kertas silikon karbida 240, 320, 400, 600 dan 1000 grit yang menghasilkan kekasaran permukaan kira-kira 10 mikron. Kemudian spesimen digilap menggunakan kain nilon dan semburan intan yang mempunyai saiz butiran 6 mikron dan diikuti dengan penggilapan menggunakan semburan intan dengan saiz butiran 1 mikron.

### **Penyedian Spesimen Artifak**

Spesimen yang telah siap digilap, digantung dengan benang nilon dan direndam 60cm di bawah permukaan air laut selama 6 bulan. Selepas cukup tempoh rendaman, permukaan spesimen diberus untuk menanggalkan karat (kerak hitam) yang melekat

1. A. Sanim, Laporan Orientation Workshop Care and Maintainance of Museums Material, Museum Negara, 1989, hlm. 8.
2. W. Funke, How Organic Coating Systems protect Against Corrosion. dalam R.A. Dickie & F.L. Floyd, (eds.), Polimeric Materials for Corrosion Control. ACS Symposium Series. American Chemical Society, Washington, D.C., 1989, hlm.48.
3. C. Pearson, Conservation of Marine Archaeological Objects, Butterworths Series in Conservation and Museology. U.K., Butterworth & Co. (Publishers) Ltd., 1987, hlm. 32.
4. C. Accu, 1989. Important of Cultural Heritage and Its Conservation and Preservation. Orientation workshop On Care and Maintainance of Museum materials. India, 1989, hlm. 27.

di permukaan spesimen. Kemudian spesimen direndam dengan larutan kimia [500mL asid hidroklorik (HCl, sp gr 1.19)] + 3.5g heksametilena tetramin dan ditambah air suling bagi menjadikan larutan 1000mL) selama 20 minit mengikut piawaian ASTM G1-90 1992.<sup>5</sup>

Kemudian spesimen sekali lagi dibersihkan dengan cara memberus di bawah aliran air paip dan dibilas dengan aseton serta dikeringkan di bawah aliran udara sejuk. Seterusnya spesimen dimasukkan dalam suatu kebuk yang mengandungi silika gel dan dalam keadaan persekitaran vakum untuk tujuan penyimpanan.

### **Penyediaan Persekitaran Kajian**

Spesimen diletakkan pada rak-rak khas yang ditempatkan di dalam kebuk penyimpanan yang dikawal persekitarannya. Suhu dan kelembapan relatif diukur menggunakan alat ‘termo-hygrometer’ model SAM990DW. Persekitaran-persekitaran kajian dihasilkan melalui prosedur kerja seperti berikut:

Bil.	Keadaan persekitaran	Prosedur kerja
1	Persekitara udara dengan kelembapan relatif 0.0%	4.0g silika gel dan 4.0g kalsium hidrida ( $\text{CaH}_2$ ) ditempatkan di dalam kebuk ujian yang kedap udara bersama-sama dengan spesimen. Suhu persekitaran adalah 25°C.
2	Persekitaran gas argon dengan kelembapan relatif 0.0%	4.0g silika gel dan 4.0g $\text{CaH}_2$ ditempatkan di dalam kebuk ujian yang kedap udara bersama-sama dengan spesimen. Udara di dalam kebuk dipam keluar dan kemudian gas argon dimasukkan ke dalam kebuk. Cara yang sama diulang sebanyak 3 kali bagi memastikan hanya gas argon memenuhi ruang kebuk. Tekanan gas argon di dalam kebuk adalah 1 atmosfera. Suhu persekitaran adalah 25°C.
3	Persekitaran udara bilik (kawalan)	Spesimen diletakkan di dalam rak khas dan didedahkan pada persekitaran atmosfera bilik. Suhu persekitaran adalah 25°C dan kelembapan relatif bilik sekitar 60% hingga 70%.

5. American Society for Testing and Materials (ASTM), Standard Practice for Preparing, Cleaning and evaluating Corrosion Test Specimens, Vol. 6.01, Designation: G1-90. 1992.

Spesimen didedahkan dalam persekitaran-persekutaran kajian selama enam bulan, selepas itu spesimen dikeluarkan dan pencirian permukaan spesimen dilakukan menggunakan mikroskop metalurgi.

### Pencirian Permukaan Secara Kuantitatif

Sebaik sahaja tempoh pendedahan dalam persekitaran kajian tamat, spesimen dikeluarkan dan dengan segera dicerap dengan mikroskop metalurgi. Pencirian permukaan secara kuantitatif ini dilakukan merujuk kepada piawaian ASTM (D610-85 1992; D714-87 1992)<sup>6</sup> seperti dalam Rajah 1. Peratus kawasan yang diliputi karat dicerap dengan mikroskop metalurgi dengan pembesaran 200 kali. Setiap titik dan keluasan kawasan karat direkod dan dilakukan penganggaran merujuk kepada piawaian ASTM tersebut.

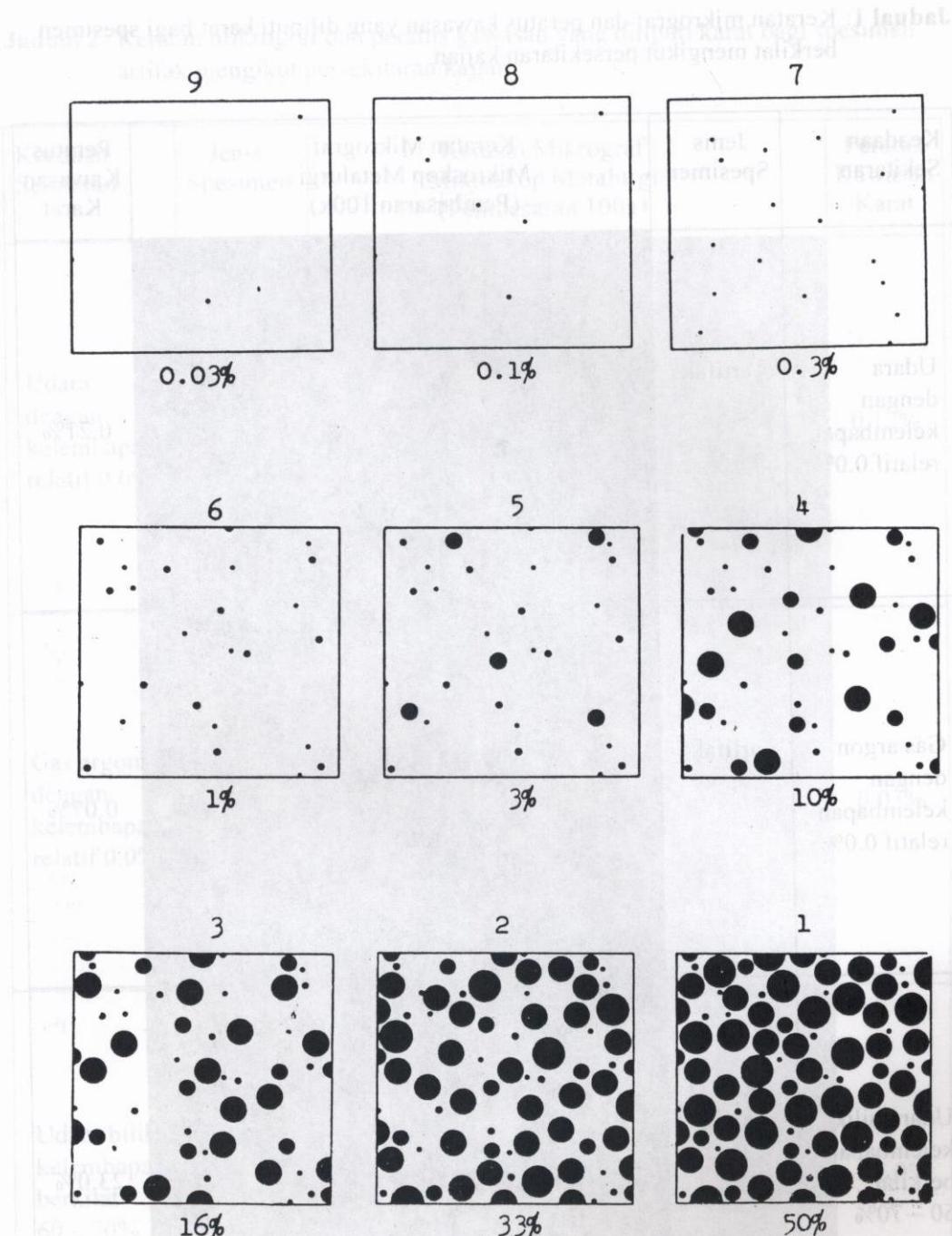
### Keputusan dan Perbincangan

Peratus kawasan yang diliputi karat adalah tinggi dalam persekitaran udara kering bagi spesimen berklat dan juga artifik iaitu masing-masing 0.12% dan 0.21% (lihat Jadual 1 dan 2) berbanding persekitaran gas argon 0.03% dan 0.07%. Keputusan ini menggambarkan persekitaran gas argon adalah lebih baik untuk penyimpanan barangan besi berbanding persekitaran udara. Menurut Dickie dan Floyd,<sup>7</sup> proses pengaratan pada logam hanya berlaku dengan kehadiran oksigen dan air. Seperti yang diketahui kandungan oksigen dalam atmosfera adalah sekitar 21%. Ini dibuktikan apabila besi tidak berkarat di dalam gas argon. Berat molekul relatif bagi gas argon adalah 39.9 sementara gas oksigen adalah 16 dan nitrogen adalah 14. Ini bermakna gas argon yang lebih berat itu akan kekal memenuhi ruang kebuk ujian. Peratus kandungan oksigen yang berada bersama-sama gas argon adalah hampir sifar.

Merujuk kepada Jadual 1 dan 2 mendapati peratus kawasan yang diliputi karat adalah tinggi bagi spesimen berklat dan artifik dalam persekitaran udara bilik iaitu 14.0% dan 23.0%. Persekutaran bilik yang digunakan mempunyai kelembapan relatif 60 hingga 70% dan bekalan oksigen yang tetap. Keadaan ini boleh menyebabkan tindakbalas kimia pada permukaan besi menjadi aktif dan berlaku berterusan. Sehubungan dengan itu, Michalski (1982)<sup>8</sup> mencadangkan bahawa untuk menjamin keutuhan barang artifik besi, kelembapan relatif seharusnya kurang daripada 40%.

Secara umumnya, terdapat perbezaan dalam kuantiti peratusan kawasan yang diliputi karat antara spesimen kilat dan spesimen artifik. Spesimen artifik mempunyai peratusan kawasan yang diliputi karat lebih tinggi berbanding spesimen

6. American Society for Testing and Materials (ASTM), Standard Test Method for Evaluating Degree of Rusting on Painted Steel Surfaces, Vol: 6.01, Designation: D610-85 (Reapproved 1989), 1992.
7. R.A Dickie, & F.L. Floyd, Polymers Materials for Corrosion Control : An Overview. American Chemical Society. Wellington. DC, 1985, hlm. 73.
8. S. Michalski, 'A Control Module for Relative Humidity in Display Cases' : Science and Technology in the Service of Conservation, IIC. London, 1982, hlm. 95.

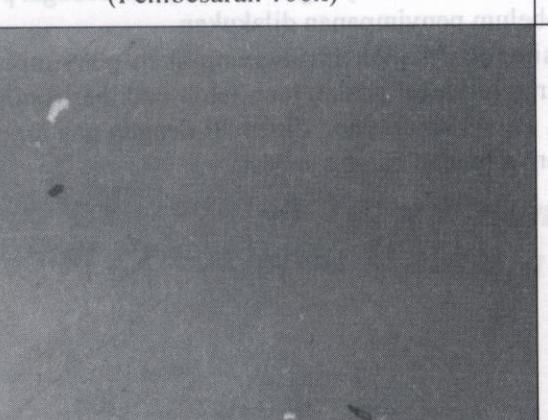
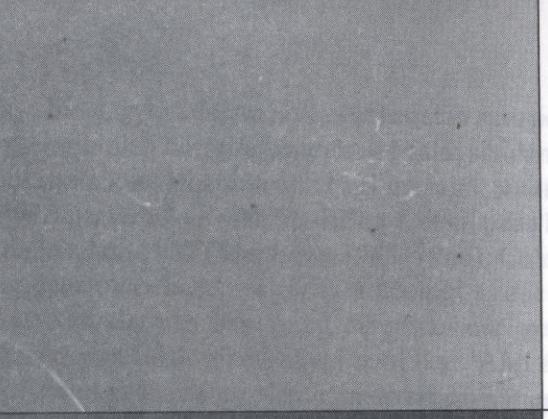


RAJAH 1: Contoh menganggar peratusan kawasan karat mengikut piawaian ASTM.

**Jadual 1:** Keratan mikrograf dan peratus kawasan yang diliputi karat bagi spesimen berkilat mengikut persekitaran kajian.

Keadaan Sekitaran	Jenis Spesimen	Keratan Mikrograf Mikroskop Metalurgi (Pembesaran 100x)	Peratus Kawasan Karat
Udara dengan kelembapan relatif 0.0%.	artifak		0.21%
Gas argon dengan kelembapan relatif 0.0%	artifak		0.07%
Udara bilik kelembapan berkilat 60 – 70%	artifak		23.0%

**Jadual 2:** Keratan mikrograf dan peratus kawasan yang diliputi karat bagi spesimen artifak mengikut persekitaran kajian.

Keadaan Sekitaran	Jenis Spesimen	Keratan Mikrograf Mikroskop Metalurgi (Pembesaran 100x)	Peratus Kawasan Karat
Udara dengan kelembapan relatif 0.0%.	berkilat		0.12%
Gas argon dengan kelembapan relatif 0.0%	berkilat		0.03%
Udara bilik kelembapan berkilat 60 – 70%	berkilat		14.0%

kilat. Fenomena ini berlaku disebabkan permukaan tidak licin pada permukaan artifak menghasilkan luas permukaan dedahan yang lebih besar dan mempunyai kebarangkalian yang lebih tinggi untuk terdapatnya bahagian yang akan bertindak sebagai titik tapak tindak balas pengaratan. Tanahan pula pada permukaan artifak sendiri telah mengalami kakisan sebelum proses pemuliharaan dilakukan, oleh itu kebarangkalian kawasan yang akan bertindak sebagai pusat pengaratan telah sedia wujud sebelum penyimpanan dilakukan.

Kesimpulan kajian ini menunjukkan penyimpanan barang besi dalam persekitaran terkawal adalah jauh lebih baik berbanding persekitaran yang tidak terkawal. Persekutaran yang dipenuhi dengan gas argon adalah paling baik bagi tujuan penyimpanan barang besi.