METODE KONSERVASI BENDA CAGAR BUDAYA BERBASIS ELEKTRO - OSMOSIS

Oleh:

Dr. Kuwat Triyana, M.Si., Dosen Fakultas MIPA UGM

Ir. Hendy Soesilo

Kasi Pelayanan Teknis Balai Konservasi Peninggalan Borobudur

Latar Belakang

Upaya pemugaran Candi Borobudur dilakukan sebanyak dua kali yaitu pertama dilakukan oleh pemerintah Hindia Belanda dibawah pimpinan Van Erp dan yang kedua dilakukan oleh pemerintah Indonesia yang diketuai oleh Soekmono.

Pemugaran I pada tahun 1907-1911 oleh Van Erp sepenuhnya dibiayai oleh Pemerintah Hindia Belanda. Sasaran pemugaran lebih banyak ditujukan pada bagian puncak candi yaitu tiga teras bundar dan stupa pusatnya (bagian ini hilang). Namun oleh karena beberapa batu tidak diketemukan kembali, antara lain bagian puncak (catra) stupa, tidak bisa dipasang. Pemugaran bagian bawahnya lebih bersifat tambal sulam seperti perbaikan/pemerataan lorong, perbaikan dinding dan langkan tanpa pembongkaran sehingga masih terlihat miring. Usaha-usaha konservasi telah dilakukan sejak pemugaran pertama oleh Pemerintah Hindia Belanda dengan terus menerus mengadakan pengamatan dan penelitian terhadap Candi Borobudur. Sementara itu proses kerusakan dan pelapukan batu-batu Candi Borobudur yang disebabkan oleh berbagai faktor terus berlangsung. Hasil penelitian yang dilakukan oleh suatu panitia yang dibentuk pada tahun 1924 diketahui bahwa sebab-sebab kerusakan itu ada 3 macam, yaitu korosi, mekanis serta kuat tekan dan tegangan di dalam batu-batu itu sendiri (O.V. 1930: 120-132). Berdasarkan perbandingan antara kondisi saat itu dengan foto-foto yang dibuat Van Erp 10 tahun sebelumnya, diketahui ternyata proses kerusakan pada Candi Borobudur terus terjadi dan semakin parah, terutama pada dinding relief batu-batunya rusak akibat pengaruh iklim.

Pemugaran II pada tahun 1973-1983 oleh Pemerintah Indonesia yang dibantu dari UNESCO dan negara-negara donatur. Pemugaran tahap kedua adalah untuk memperbaiki dan mengembalikan bagian Rupadatu (tubuh candi). Meskipun pemugaran dinyatakan sudah selesai, tetapi masih meninggalkan pekerjaan besar yaitu pemeliharaan, perawatan, dan pelestariannya sebagai Warisan Dunia. Dalam pembongkaran tersebut ada tiga

macam pekerjaan, yaitu tekno arkeologi yang terdiri atas pembongkaran seluruh bagian Rupadhatu, yaitu empat tingkat segi empat di atas kaki candi, pekerjaan teknik sipil yaitu pemasangan pondasi beton bertulang untuk mendukung Candi Borobudur untuk setiap tingkatnya dengan diberi saluran air dan lapisan kedap air di dalam konstruksinya, dan pekerjaan kemiko arkeologis yaitu pembersihan dan pengawetan batu-batunya, serta penyusunan kembali batu-batu yang sudah bersih dari jasad renik (lumut, cendawan, dan mikroorganisme lainnya) ke bentuk semula. Usaha-usaha konservasi Candi Borobudur telah dilakukan sejak pemugaran pertama dengan terus menerus mengadakan pengamatan dan penelitian terhadap proses kerusakan dan pelapukan batu-batu candi yang disebabkan oleh berbagai faktor. Hingga saat ini, proses kerusakan pada Candi Borobudur terus terjadi dan semakin parah, terutama dinding reliefnya banyak yang rusak akibat pengaruh eksternal maupun internal dari batu. Sebenarnya, sejak pemugaran kedua, telah dilakukan pekerjaan kemiko arkeologis yaitu pembersihan dan pengawetan batuan, dan akhirnya penyusunan kembali batu-batu yang sudah bersih dari jasad renik (lumut, cendawan, dan mikroorganisme lainnya) ke bentuk semula. Dari hasil pengamatan, beberapa bagian candi telah mengalami kerusakan yang diakibatkan oleh faktor eksternal, yakni

berupa faktor lingkungan, baik yang bersifat biotis (lumut, algae, dan jasad renik lainnya) dan yang bersifat abiotis (panas matahari, air hujan, kelembaban, dan sebagainya). Sedang faktor internal yang berpengaruh adalah kondisi fisik maupun petrologi batuan yang ada.

Oleh karenanya penulis mencoba melakukan inovasi penelitian yang menggabungkan antara fungsi lead sebagai layer faktor pelindung kelembaban batu, dengan metode elektro-osmosis. Hal ini berguna untuk mengatasi kerusakan batu akibat air hujan, terutama yang terjebak diantara batu candi, maka dalam penulisan ini akan disajikan ulasan singkat mengenai metode pengeringan yang tidak merusak menggunakan sistem elektro-osmosis.

Manfaat Penelitian

Dengan metode elektro-osmosis diharapkan layer-layer yang bersifat pasif sebagai pelindung batuan dari faktor kelembaban akibat air hujan yang terjebak dalam batuan, dapat diserap dan dikeringkan oleh prinsip metode elektrode-elektrode kation maupun anion yang berperan aktif. Prinsip penelitian adalah membuat jaringan elektro-osmosis sebagai layer yang berperan aktif untuk menetralkan kelembaban benda cagar budaya, sehingga benda cagar budaya yang ada terjaga kelestariannya.

Gambar 1. Skema sistem elektro-osmosis yang akan dikembangkan, dimana A dan S masing-masing adalah anoda dan sensor suhu dan sensor kelembaban

Metode Dan Teori Elektro-osmosis

Sistem elektro-osmosis membutuhkan beda potensial antara dua titik sebuah obyek (anoda dan katoda). Jika bagian obyek telah jenuh dengan air, maka pada bagian tersebut akan memiliki potensial negatif. Hal ini akan menyebabkan ion-ion positif dalam air akan menempati daerah sekitar obyek sehingga seakan-akan terbentuk dua lapisan listrik. Akhirnya ion-ion positif tersebut akan berpindah menuju daerah yang potensialnya lebih rendah (katoda). Dengan kondisi tersebut, ion-ion positif tersebut dikatakan terhidrasi dimana jika setiap ion membawa sejumlah kecil air, maka pada gilirannya menyebabkan air mengalir menuju potensial yang rendah. Dalam penelitian ini akan diterapkan arus DC berbentuk pulsa agar beda tekanan osmosis dari suatu sisi dengan sisi yang lain dari suatu obyek dapat terjaga.

Seperti ditunjukkan dalam Gambar 1, setiap anoda secara berpasangan dengan sensor disisipkan diantara celah batuan candi. Dengan menerapkan arus DC pulsa, maka air yang tadinya terjebak dapat mengalir ke katoda di luar candi. Jika air telah kering, diindikasikan oleh sensor, maka secara otomatis penerapan arus DC akan berhenti. Beberapa alasan digunakannya metode ini antara lain adalah tidak merusak karena tidak memanaskan, mudah dalam penerapannya, konsumsi daya listriknya relative rendah serta telah terbukti diterapkan di banyak negara secara efektif. Untuk jangka panjang daya listrik yang dibutuhkan dalam sistem ini dapat diperoleh dengan menggunakan sel surya. Aplikasi dari teori elektro-osmosis dapat diterapkan pada sebuah bangunan, dimana kelembaban merupakan masalah besar dengan dampak kerusakan yang cukup mengkhawatirkan. Beberapa metode telah dikembangkan untuk mengatasi masalah tersebut dengan system elektro-osmosis.

Gambar 2. Diagram struktur bangunan yang lembab

Gambar 2 adalah ilustrasi sebuah

bangunan yang lembab akibat masuknya air ke dalam dinding maupun lantai. Seperti halnya batuan candi yang terbuka dan terdugur oleh air hujan secara langsung, dampaknya juga sangat mirip dengan kondisi bangunan tersebut. Bahkan kondisi ini juga sangat mungkin dialami oleh bangunan-bangunan kuno yang bernilai historis termasuk museum, dimana saat dibangun tidak memperhatikan efek kelembaban tersebut dalam konstruksinya.

Dalam kaitannya dengan system elektro-osmosis yang akan dikembangkan, maka pada tahap awal perlu diadakan kajian mengenai karakteristik batuan candi Borobudur secara mendalam. Setelah itu barulah dapat dirancang sebuah system yang sesuai.

Mekanisme Kerja Elektro-osmosis

Beberapa penelitian telah terbukti mampu mengatasi kelembaban atau bahkan air yang terjebak dalam sebuah obyek seperti dilukiskan pada Gambar 3, yakni sebuah ilustrasi metode pengeringan dengan teknik tak merusak menggunakan elektro-osmosis. Prinsip kerja dari system elektro-osmosis ditemukan oleh Prof. Reuss dari Moscow pada tahun 1807.

Gambar 3. Diagram struktur bangunan yang lembab

Secara prinsip, proses pengeringannya dilukiskan dalam Gambar 4, dimana sistem elektro-osmosis membutuhkan beda potensial antara dua titik sebuah obyek. Jika bagian obyek telah jenuh dengan air, maka pada bagian tersebut akan memiliki potensial negative. Hal ini akan menyebabkan ion-ion positif dalam air akan menempati daerah sekitar obyek sehingga seakan-akan terbentuk dua lapisan listrik. Akhirnya ion-ion positif tersebut akan berpindah menuju daerah yang potensialnya lebih rendah. Ion-ion positif tersebut dikatakan terhidrasi di mana jika setiap ion membawa sejumlah kecil air, maka pada gilirannya menyebabkan air mengalir menuju potensial yang rendah.

Gambar 4. Model system elektro-osmosis dan prinsip kerjanya

Perancangan Sistem Elektro-osmosis

Ada beberapa jenis system elektro-osmosis di pasaran. Kebanyakan dari jenis yang ada adalah berupa system yang pasif. Pada system semacam ini umumnya beda potensial dibentuk dengan mengalirkan arus DC maupun AC pada elektroda. Dengan system tersebut, pemindahan air hanya berumur sangat pendek karena gaya osmosis akan mudah terbalik sehingga air akan mengalir kembali ke dalam obyek. Untuk mengatasi hal tersebut, maka dalam penelitian ini akan diterapkan arus DC terbentuk pula. Model ini sudah berhasil diterapkan di banyak obyek (misalnya U.S. patent No. 5,368,709). Dengan penerapan arus DC, maka beda tekanan osmosis dari suatu sisi dengan sisi yang lain dari suatu obyek dapat terjaga.

Permasalahan berikutnya yang muncul adalah mudah terkorosinya bahan elektroda, khususnya anoda, di mana anoda mengalami proses oksidasi-reduksi pada saat operasional. Untuk mengatasi hal itu, maka akan diusulkan penggunaan bahan anoda yang kurang reaktif terhadap proses oksidasi-reduksi, yakni bahan keramik campuran oksida logam (**mixed metal oxide**). Bahan tersebut dapat diperoleh dari **Ceranode Technologies International**.

Gambar 5. Blok diagram rangkaian listrik pengendali system elektro-osmosis

Dari Gambar 5 terlihat bahwa rangkaian elektronik pengendali otomatis dapat dibagi menjadi tiga bagian, yakni unit catu daya (power unit), unit kontrol (control unit) serta unit keluaran (output unit). Sementara itu, rancangan pulsa arus DC dapat dilihat dalam Gambar 6.

Gambar 6. Pola pulsa untuk system elektro-osmosis yang dikembangkan

Kesimpulan Dan Saran

Bahwa metode elektro-osmosis dapat dipergunakan sebagai kegiatan preventif konservasi terhadap bcb, perlu dilakukan penelitian yang komprehensif dengan melibatkan peran serta peneliti, konservator, dan orang yang mempunyai kompetensi di bidangnya.

Elektro-osmosis dapat dikembangkan dengan sistem efisiensi elektrik chanel serta tenaga sel surya, sehingga dapat dipergunakan dipelosok daerah yang tidak terkoneksi jaringan listrik.

Dapat mengurangi biaya perawatan dan penggunaan bahan kimia (konservan) yang dapat mempercepat kerusakan benda cagar budaya. ☒

Daftar Pustaka

- G.S Robinson, "An Accelerated Test Method for Predicting the Durability of Brick", MS thesis, Clemson University, Clemson, S.C (1976).
- Hendy S, dkk, "Tinjauan Karakteristik Sifat Fisik Material BCB Dari Batu", Makalah hasil studi, Balai Konservasi Peninggalan Borobudur, 2007.
- S.Z. Lewin and A.E Charola, "The Physical Chemistry of Deteriorated Brick and Its Impregnation Technique", paper presented at the Congress for the Brick of Venice, October 22, 1979.

Kerusakan relief di Candi Borobudur akibat rembesan air dan penggaraman