

DAMPAK POLUTAN TERHADAP BATUAN CANDI WASAN

I Made Geria

Abstrack

The damage of Wasan Temple not only because of phisical factor but also chemical effect caused by soil and air contaminations. Water, soil and rain were not only as pure water but also contaminated and reacted into CO₂, AL₂, and NH₃ elements from the atmosphere. These components were potential to stone corrosion because the reaction could dissolve stone compotition minerals. Air pollution in the form of dust particles that contained various microbiological elements stuck on the temple, was potential to damage the temple. Conservative effort needs to be done to survive this cultural heritage that can enrich historic development, science and tourism.

Key words : Air and soil pollution over the temple stone

1. Pendahuluan

Memperhatikan material bangunan Candi Wasan kondisinya memprihatinkan, seperti material bangunan candi pada umumnya mengalami pelapukan sepanjang jaman yang akhirnya akan hancur menjadi tanah. Mengamati terjadinya kerusakan batuan Candi Wasan dipengaruhi sejumlah faktor, antara lain faktor dari luar yang mempengaruhi kondisi iklim, cuaca, suhu, kelembaban udara dan letak geografi dari tempat benda-benda purbakala tersebut berada dan sering juga diakibatkan oleh polusi udara dan tanah. Sedangkan faktor pelapuk dari dalam seperti terjadinya kerusakan konstruksi bangunan dari luar yang dikenal sebagai *weathering* khemis dan biologis (Samidi,1977). Akibat dari proses pelapukan benda-benda kuno yang terbuat dari kayu akan menjadi busuk terutama oleh kelembaban udara, di samping



Foto 5. Tiga lempeng Prasasti kelompok besar



Foto 6. Tiga lempeng Prasasti kelompok kecil

mudah dimakan serangga atau jasad renik lainnya. Benda purbakala yang materialnya dari batu akan mengalami perubahan mineral oleh pengaruh cuaca, akan terkorosi oleh zat asing dan jasad renik yang hidup sebagai parasit. Demikian pula tinggalan dari logam, seperti perunggu tanpa pemeliharaan yang baik akan mengalami proses korosi atau oksidasi.

Di negara maju seperti di Eropa, sangat menjadi perhatian terjadinya pencemaran udara, bahwa polusi udara sangat berbahaya bagi bangunan-bangunan purbakala yang lokasinya kebanyakan berada di daerah urban. Udara mengandung zat-zat beracun seperti sulfat yang menyebabkan terbentuknya gips sekunder pada batuan yang mengandung kapur. Untuk menghindari terjadinya proses pelapukan semacam itu terhadap batuan Candi Wasan, maka sangat diharapkan adanya tindakan konservasi untuk menghambat proses pelapukan dengan jalan mengawetkan benda purbakala tersebut dan memperbaiki kondisi lingkungan. Perlu diketahui kemampuan konservasi hanya bersifat menghambat, tidak menghentikan terjadinya proses pelapukan sebab perlu disadari semua material alam ini tidak ada yang bersifat abadi. Permasalahan yang menjadi kajian pada kesempatan ini setelah mengamati sejumlah batuan Candi Wasan adalah sebagai berikut. Pertama, apakah pencemaran udara dan tanah berpengaruh terhadap batuan candi Wasan? Kedua, upaya apakah yang selayaknya dilakukan untuk menghambat terjadi proses pelapukan batuan candi?

II. Tinjauan Umum

2.1 Pencemaran Tanah dan Udara

Tanah merupakan sumber kehidupan yang sangat penting bagi makhluk hidup, karena kelangsungan makhluk hidup di dunia ini tidak dapat terlepas dari masalah tanah. Sebaliknya apabila sumber kehidupan ini tidak terpelihara dengan baik, bahkan terkena kontaminasi pencemaran akan menimbulkan petaka bagi kehidupan. Dalam kaitannya dengan tinggalan arkeologi khususnya monumen tinggalan yang tertanam dalam tanah ratusan tahun, bisa bertahan baik bila kondisi tanah terjaga cukup baik dan sebaliknya apabila tanah terkontaminasi zat kimia (polutan) berdampak terhadap kerusakan batuan (pelapukan) yang dapat menghancurkan struktur bangunan karena kroposnya

pondasi tidak kuat menahan beban. Komposisi tanah tergantung kepada proses pembentukannya yang sangat ditentukan juga oleh faktor iklim, jenis tumbuhan yang ada, suhu, dan air. Pencemaran menyebabkan suhu tanah mengalami perubahan, sehingga hal ini mengganggu kestabilan tanah yang berdampak terhadap rusaknya konstruksi dasar suatu bangunan. Pencemaran tanah dapat terjadi karena hal-hal sebagai berikut. Pertama, ialah pencemaran secara langsung misalnya menggunakan pupuk secara berlebihan, pemberian pestisida dan insektisida, dan pembuangan limbah yang tidak dapat dicernakan seperti plastik (Tresna Sastrawijaya, 2000). Kedua, pencemaran dapat juga melalui air yang mengandung bahan pencemar (polutan) yang berakibat dapat mengubah susunan kimia tanah. Demikian juga dengan adanya instruksi air laut dan hujan asam yang juga dapat mempengaruhi kondisi tanah.

Pencemaran udara, pada dasarnya penyebab polusi udara serupa dengan polusi air. Pencemaran udara ialah jika udara di atmosfer dicampuri dengan zat atau radiasi yang berpengaruh jelek terhadap organisma hidup. Jumlah unsur pencemar di udara ini cukup banyak sehingga tidak dapat diabsorpsi atau dihilangkan. Umumnya pengotoran ini bersifat alamiah misalnya gas dari pembusukan, debu akibat dari erosi, serbuk tepung sari yang terbawa angin, jasad-jasad renik yang mudah tumbuh dan berkembang pada musim hujan. Jasad ini mudah melekat dan tumbuh subur pada batuan ; berupa cendawan, jamur dan lumut (Pramudya Sunu, 2001). Pencemaran udara ini dapat tersebar kemana-mana, kepekatannya masuk ke dalam air yang mengakibatkan terjadinya polusi pada air atau tanah. Pengaruh pencemaran udara bersifat langsung misalnya sulfur dioksida (SO_2) apabila sudah terkontaminasi dengan air dan meresap pada batuan akan mempercepat proses pelapukan pada batuan, karena polusi udara yang mengandung garam akan lebih mempercepat terjadinya proses korosi pada batu.

2.1 Batuan Candi

Kebanyakan monumen purbakala di Indonesia terbuat dari batuan beku, batuan endapan atau batu bata. Maka dari itu, pengertian dan pemahaman tentang batuan sangat diperlukan agar konservasi benda purbakala dari batu bisa dilakukan dengan sebaik-baiknya, dan secara ilmiah bisa

dipertanggungjawabkan. Perlu diketahui dan dipelajari ilmu petrologi maupun petrografi yang secara khusus mempelajari batuan. Batuan adalah masa yang terbentuk secara alamiah terdiri atas mineral-mineral baik yang bersifat koheren maupun tidak yang sebagian besar terbentuk dari kerak bumi. Sedangkan mineral adalah bagian dari bahan alamiah merupakan senyawa yang terbentuk secara alamiah dan membeku dalam bentuk kristal. Unsur pembangun mineral adalah O, Si, Ca, K, Fe, Ti, AL, Mg dan kadang-kadang H, C, S, Ma, Cl. Mineral dikelompokkan menjadi dua yakni mineral primer yang terbentuk langsung dari pembekuan magma dan mineral sekunder yang terjadi oleh karena mineral primer mengalami perubahan struktur akibat proses metamorfisma atau pelapukan. Ditinjau dari sejarah terjadinya batuan bisa dibedakan atas batuan beku, endapan, dan metamorf. Batuan beku terjadi akibat proses pembekuan magma baik di dalam maupun di luar kerak bumi dan tersusun oleh mineral-mineral primer. Batuan endapan biasanya tersusun oleh mineral-mineral primer yang tahan lapuk yaitu mineral silikat atau mineral sekunder kalsit, dan chlorite. Terbentuknya mineral kalsit secara organik akibat kegiatan jasad hidup. Batu bata dibuat dari mineral sekunder yakni lempung. Lempung adalah aluminium silikat terhidrat dengan komposisi variable yang memiliki sifat-sifat dasar plastis dalam keadaan lembab sehingga dapat dicetak dan mengeras dalam keadaan kering, tetapi plastis lagi dalam keadaan lembab. Oleh pengaruh suhu yang tinggi (lebih kurang 800° C) struktur natural lempung akan berubah menjadi keras dan stabil, tidak menjadi lempung kembali. Demikianlah batu bata dibuat dengan membakar lempung yang sudah dicetak. Tinggi suhu pembakaran akan menentukan kualitas batu bata. Pada waktu batuan terbentuk sering terdapat gelembung-gelembung udara di dalamnya sehingga menyebabkan batuan berpori-pori. Jumlah gelembung udara akan menentukan kualitas batuan. *Permeabilitas* akan mempengaruhi daya resap atau kapilaritas batuan terhadap air atau kelembaban. Pori-pori yang terdapat pada batu berpotensi mempermudah timbulnya daya pelapukan batu, sebab pada permukaan yang berongga tersebut reaksi khemis sebagai agensia pelapuk mudah terjadi.

III. Pelapukan Batuan Candi Wasan

3.1 Dampak Pencemaran Udara dan Tanah

Mengamati material yang dipergunakan bangunan Candi Wasan antara lain merupakan batuan jenis endapan yakni batu padas yang agak keras. Batuan ini terdiri atas mineral primer yang tahan lapuk yakni mineral silikat, namun karena pori-pori terganggu jasad hidup secara organik akan mempengaruhi kekuatan batuan. Diketahui kerusakan batuan candi bisa saja terjadi kerusakan fisik akibat dari lokasi penempatan candi, keadaan tanah dasar, termasuk material candi. Namun, pada kesempatan ini lebih difokuskan membahas kerusakan batuan candi akibat pencemaran tanah dan udara yang diakibatkan dari berbagai faktor yakni iklim, pencemaran kimiawi (chemis) dan jasad renik (mikro biologis). Diketahui di situs Wasan sejumlah batuan komponen bangunan Candi yang mengalami pelapukan. Ciri batu yang kena proses pelapukan berubah watak dalam artian tidak masih sekeras batuan karena terkena pencemaran agensia pelapuk. Batuan ini merapuh bahkan ada yang terurai menjadi tanah. Agensia pelapuk yang mengakibatkan kerusakan batuan ini berasal dari gaya-gaya yang ada pada atmosfer maupun biosfir. Faktor astronomi murni seperti faktor iklim yang berhubungan dengan suhu dan penyinaran. Penyebab mekanis/fisis pelapukan batuan Candi Wasan ada yang diakibatkan karena adanya gaya-gaya yang berasal dari dalam batuan sendiri



Gb. 1. Pelapukan pada komponen kemuncak Candi

seperti adanya pertumbuhan kristal dalam pori-pori batuan sehingga bertambahnya volume yang dapat mengakibatkan pecahnya batu. Faktor erosi, karena adanya aliran air seperti diketahui bahwa di sekitar situs merupakan areal persawahan yang masih aktif dikerjakan dan dicurigai aliran air pernah menggenangi kawasan ini.

Pengerjaan sawah sering menggunakan bahan kimia seperti pupuk maupun zat kimiawi lainnya. Apabila air yang tercemar merembes ke tanah bangunan candi Wasan akan mempengaruhi pencemaran tanah yang dapat melapukkan batuan. Apalagi unsur-unsur kimiawi ini terbawa hujan yang berakibat terjadinya penggaraman. Unsur-unsur kimia dan penggaraman ini mengendap pada batuan candi. Pengendapan kimiawi ini dikenal dengan *efloresensi*.

Efloresensi ini terjadi pada benda-benda berpori-pori. Seperti diketahui batuan yang mengalami pengendapan kimiawi pada Candi Wasan tampak batunya berpori-pori dan keletakan batuan terkena langsung bahkan terendam air hujan. Karena proses *efloresensi* ini bisa terjadi apabila batuan lama digenangi air. Misalnya air hujan akan meresap ke pori-pori batu, karena air hujan bukan sebagai H₂O saja, tetapi telah bersenyawa dengan berbagai unsur, misalnya CO₂, Cl₂, dan NH₃ yang berasal dari udara. Persenyawaan ini kemudian menjadi agensia pelapuk batuan yang dapat melarutkan mineral-mineral penyusun batuan. Air hujan umumnya membawa berbagai unsur kimia yang dapat merusak material candi, di antaranya zat garam (salt), zat asam (acid), dan belerang (sulfur). Apalagi terendam oleh air tanah, garam-garam ini mengikuti aliran air melalui pori-pori atau celah-celah menuju permukaan batu oleh daya kapilaritas. Di permukaan batu air akan menguap, tetapi garam-

garam tersebut akan mengendap yang berupa kerak-kerak, yang makin lama makin tebal dan membentuk batuan sekunder, dan kualitasnya lebih keras dari batuan-nya. Kerak garam ini berasal dari bermacam-macam unsure, misalnya sulfatasi yakni kerak garam belerang (SO₂) dan karbonatasi yaitu kerak berupa garam-garam



Gb. 2. Tumbuhan spora berupa lumut pada batuan komponen Candi

karbonat (CO₃). Sekalipun batu andesit atau batuan sejenisnya yang kuat, pada kondisi tertentu tetap juga akan mengalami kerusakan atau pelapukan terutama sekali apabila batuan tersebut terkubur dalam larutan garam.

Pencemaran udara yang mempengaruhi kerusakan batuan Candi Wasan diakibatkan oleh partikel debu yang beterbangan, tentunya membawa berbagai unsur biologis yang tidak dapat dilihat dengan mata telanjang. Mikrobiologis atau jasad-jasad renik yang dibawa angin melekat pada batuan. Unsur ini akan segera tumbuh dan berkembang apabila musim hujan tiba, karena pada musim hujan permukaan batuan candi menjadi lembab. Kondisi lembab adalah dunia kehidupan bagi spora jasad renik tersebut. Tumbuh-tumbuhan ini dapat berupa lumut, cendawan, jamur, ganggang, pakis, dan lainnya. Tempat tumbuhnya adalah pada permukaan batuan candi. Apabila kesuburan terjamin, permukaan batu tidak akan terlihat lagi. Pada kondisi semacam ini proses pelapukan permukaan candi mulai terjadi, karena semakin subur tumbuhan itu semakin dalam akar-akarnya masuk ke dalam batuan candi melalui pori-porinya dan bila terkelupas pada musim kemarau terjadilah pengikisan permukaan batuan. Bila terjadi simultan maka batuan candi semakin tipis (Suantika, 1988). Apabila tumbuhnya jasad renik tersebut pada siar-siar batu maka akan terjadi kerusakan pada perekat bangunan candi. Hal semacam ini dapat berakibat semakin cepatnya proses kerusakan bangunan candi.

3.2 Upaya Konservasi

Unsur-unsur yang berpengaruh untuk keselamatan tinggalan Candi Wasan di samping upaya menyelamatkan dengan mengawetkan material bangunannya, yang sangat penting adalah faktor lingkungan, karena faktor ini memberikan andil terhadap proses pelapukan material bangunan candi. Oleh karenanya, upaya yang mendesak perlu dilakukan untuk keselamatan Candi Wasan adalah perlunya diadakan pencegahan terhadap rembesan air subak yang ada di sekitar Candi Wasan dengan membuat kanal permanen yang membatasi situs dan kawasan persawahan, sehingga aliran ataupun rembesan air sawah tidak langsung merembes ke situs. Faktor air sangat signifikan mempengaruhi pelapukan karena air bisa menyebabkan kelembaban bangunan, pelarutan mineral memacu pertumbuhan jasad, lumut dan cendawan yang dapat



Gb. 3. Penelitian Balai Denpasar mengumpulkan sejumlah komponen lepas Candi wasan

mempercepat proses pelapukan. Upaya yang sangat mendesak dilakukan melindungi komponen candi yang terlepas terhindar dari hujan, dengan mengumpulkan komponen lepas dan dibuatkan bangunan pelindung. Sementara itu untuk menangani bangunan konstruksi yang masih utuh terpasang upaya yang

mendesak dilakukan adalah membuat saluran air hujan agar tidak menggenangi kawasan situs. Sistem ini dapat dipelajari dari upaya yang dilakukan terhadap perlindungan sejumlah bangunan candi di Jawa (Sri Hartadi dan Yutono, 1975). Apabila kegiatan berlanjut pada pemugaran memang upaya pemasangan lapisan kedap air sangat diperlukan. Setelah diadakan pemugaran perlu dilindungi dari pertumbuhan jasad dengan cara pemberian obat-obat tertentu dan perawatan selanjutnya secara periodik. Seperti contoh misalnya penggunaan herbisida hypar X untuk membersihkan lumut, algesia proven untuk ganggang dan fungisida untuk jamur. Pemberian obat itu pun perlu terukur karena pemberian obat dalam jumlah besar malah sebaliknya berbahaya terhadap keselamatan tinggalan tersebut. Namun, yang terpenting dilakukan tetap membersihkan tinggalan budaya tersebut dari kotoran secara periodik

IV. Kesimpulan

Kerusakan Candi Wasan di samping akibat faktor fisik juga akibat dari pengaruh unsur kimiawi yang disebabkan adanya pencemaran tanah maupun udara. Air tanah maupun hujan bukan saja sebagai air murni tetapi telah terkontaminasi dan bersenyawa dengan unsur-unsur CO₂, AL₂, dan NH₃ yang berasal dari udara. Persenyawaan ini sangat berpotensi untuk pelapukan batuan karena persenyawaan ini dapat melarutkan mineral penyusun batuan. Polusi

udara berupa partikel debu yang mengandung berbagai unsur mikrobiologis (jasad renik) yang berterbangan dan melekat pada bangunan candi, dengan kondisi lembab merangsang tumbuhnya spora (jasad renik) berupa lumut, cendawan, jamur, dan ganggang yang berpotensi merusak batuan candi.

Upaya konservasi yang dilakukan dengan menurunkan kelembaban, hal ini dilaksanakan untuk menghambat perkembangan bakteri. Penurunan kelengasan bertujuan untuk mengurangi larutan yang mengandung garam. Tujuan konservasi dari segi teknis adalah menyelamatkan tinggalan arkeologi karena warisan budaya ini memberikan sumbangan terhadap perkembangan sejarah bangsa, ilmu pengetahuan, dan pariwisata.

DAFTAR PUSTAKA

- Samidi, 1977. *Pengantar Konservasi Benda Purbakala*, Kertas Kerja Pusdiklat Tenaga Teknis Konservasi dan Pemugaran Purbakala, Yogyakarta.
- Sastrawijaya, Tresna, M.Sc, 2000. *Pencemaran Lingkungan*, Bineka Cipta, Jakarta
- Suantika, I Wayan, 1988. *Sebab-sebab Kerusakan Candi Wasan*, Forum Arkeologi, Balai Arkeologi Denpasar, Bali Th.1. No.1 Januari 1988
- Sudiana Mahendra, M.App.Sc, Dr. Ir Made, 2002. *Materi Kuliah Pencemaran Lingkungan*. Program Magister Ilmu Lingkungan, Universitas Udayana.
- Sunu Pramudya, 2001. *Melindungi Lingkungan Dengan Menerapkan ISO 14001*, PT. Gramedia Widisarana Indonesia, Jakarta.
- Suyono, 1976. *Metoda Konservasi Peninggalan Kepurbakalaan*, Dok. Penataran Tenaga Teknis Ksejarahan dan Kepurbakalaan, Jakarta.
- Sri Hartadi dan Yutono, 1975. *Penelitian Tentang Perawatan Batuan Candi Borobudur* (Pelita Borobudur Seri 6), Jogjakarta.