

IDENTIFIKASI KERUSAKAN FOSIL: STUDI KASUS KOLEKSI MUSEUM

Nurul Fadlilah

Abstract

Pelestarian atas koleksi adalah salah satu tolak ukur penting dalam pengelolaan museum. Untuk mengatur manajemen kerusakan koleksi, pelestarian atas koleksi adalah tolak ukur yang harus diperhatikan, terlebih lagi untuk faktor luar (lingkungan). Manajemen kerusakan untuk koleksi akan membantu konservator dalam membuat keputusan penting tentang perawatan fosil. Identifikasi sistematis dan komprehensif dari agen menyebabkan kerusakan terhadap koleksi yang akan menjadi faktor utama dalam menafsirkan tindakan perawatan. Terlebih lagi, pemantauan dan evaluasi setelah kegiatan konservasi menjadi krusial untuk melihat dampak yang timbul dari intervensi yang telah dilakukan pada koleksi. Memantau dan mengontrol koleksi lingkungan mikro di ruang penyimpanan dan ruang pameran harus di jalankan secara rutin untuk menghindari kerusakan lebih lanjut terhadap koleksi.

Kata kunci: koleksi, pelestarian, identifikasi, dan lingkungan mikro

Abstract

Preservation of collection is one of the important parameters in managing the museum. To arrange collection risk management, preservation of collection is the parameters that must be considered in addition to external factors (environment). Risk management for collections will assist conservators in making important decisions about collection care. The systematic and comprehensive identification of the agents causing damage to the collection will be a major factor in determining treatment actions. In addition, monitoring and evaluation after conservation activities becomes crucial to see the impact arising from interventions that have been carried out on the collection. Monitoring and controlling the collection microenvironment in the storage and display room must be carried out regularly to prevent further damage to the collection.

Key words: collection, preservation, identification, microenvironment

I

PENDAHULUAN

Keterawatan koleksi merupakan salah satu parameter penting untuk menyusun manajemen risiko koleksi berdasarkan ICCROM (*International Centre for the Study of the Preservation and Restoration of Cultural Property*). Manajemen risiko terhadap koleksi akan membantu dalam menjawab beberapa pertanyaan serta membuat keputusan tentang perawatan koleksi. Langkah awal yang dilakukan adalah mengidentifikasi agen-agen penyebab kerusakan terhadap koleksi. Hal tersebut akan mempermudah konservator untuk melakukan pekerjaan selanjutnya serta untuk meminimalisir kesalahan yang terjadi. Manajemen risiko terhadap koleksi menurut standar internasional tertuang dalam ISO 31000:2009, tentang *Risk Management Principles and Guidelines*. Manajemen risiko terhadap koleksi ini penting agar kita dapat mengidentifikasi risiko secara sistematis dan komprehensif.

Koleksi museum dapat mengalami kerusakan yang disebabkan oleh beberapa sebab, yang dikenal sebagai *Ten Agents of Deterioration*. *Ten Agents of Deterioration* merupakan sepuluh faktor yang diidentifikasi dapat menyebabkan kerusakan pada koleksi. Seperti diketahui bahwa suatu koleksi yang disimpan di museum, tidak menutup kemungkinan akan mengalami kerusakan lebih lanjut. Penyimpanan yang tidak tepat dapat menyebabkan kondisi yang tidak stabil pada koleksi sehingga rentan mengalami degradasi. Berikut adalah sepuluh faktor perusak koleksi menurut ICCROM.

1. Kekuatan fisik

Kekuatan fisik yang berisiko merusak koleksi seperti angin besar, gempa bumi, pemindahan koleksi yang tidak tepat, ruang koleksi yang terlalu penuh, atau hal fisik lain yang dapat merusak koleksi

2. Pencurian dan vandalisme

Kedua jenis kerusakan terhadap koleksi yang diakibatkan oleh faktor manusia tersebut dilakukan baik dengan sengaja ataupun tidak disengaja. Sebagai contoh, kesalahan penggunaan bahan konservan, pembuangan sampah oleh pengunjung tidak pada tempatnya

3. Disosiasi

Disosiasi meliputi ketidaklengkapan informasi yang ada pada koleksi, seperti tidak adanya dokumentasi pada koleksi, penempatan koleksi yang salah, penyajian koleksi yang tidak tepat, petugas koleksi yang tidak ada sehingga menyebabkan hilangnya informasi tentang nilai-nilai cagar budaya pada koleksi

4. Api

Api merupakan penyebab kebakaran, sumbernya antara lain dapat berasal dari petir, kebocoran gas, kesalahan instalasi listrik, rokok, dan lilin

5. Air

Sumber air yang dapat berpotensi merusakkan koleksi antara lain banjir, tsunami, hujan, air dari dalam tanah, kebocoran dalam pipa bangunan, proses pembersihan basah pada koleksi yang salah, air dari pemadam kebakaran

6. Hama

Hama meliputi serangga, tikus, burung, dan kelelawar. Dampak yang ditimbulkan akibat hama ini meliputi noda pada objek, akan menimbulkan lubang-lubang sisa aktivitas hama pada objek, koleksi menjadi rapuh, dan akan berisiko menghilangkan bagian dari objeknya.

7. Polutan

Agen polutan meliputi limbah industri, kendaraan bermotor, ruang penyimpanan dan ruang display yang banyak gas, polutan dari pengunjung, proses restorasi yang mengkontaminasi objek

8. Cahaya

Cahaya meliputi sinar matahari dan sinar lampu. Dampak yang ditimbulkan akibat faktor cahaya ini meliputi pemudaran warna pada objek (disebabkan oleh lampu), koleksi menjadi berwarna kekuningan, koleksi menjadi rapuh, kehancuran pada objek (disebabkan oleh sinar UV)

9. Suhu

Suhu yang tidak tepat meliputi suhu yang terlalu tinggi, atau terlalu rendah, fluktuasi suhu yang diakibatkan oleh iklim, sinar matahari dan lampu

10. Kelembaban relatif

Meliputi kelembaban relatif terlalu tinggi, terlalu rendah serta fluktuasi kelembaban.

Cagar Budaya yang termasuk koleksi museum terdiri dari bahan organik dan bahan anorganik. Bahan organik meliputi kertas, lukisan, kain dan kayu, sedangkan bahan anorganik di antaranya logam, batu, kaca dan fosil. Sebelum melakukan perawatan terhadap suatu koleksi sebaiknya dilakukan identifikasi terhadap koleksi serta sifat-sifat materialnya agar tindakan perawatan yang akan dilakukan tepat sasaran.

II

IDENTIFIKASI KERUSAKAN PADA FOSIL

Perubahan tulang menjadi fosil merupakan sebuah proses yang panjang dari material berbahan organik menjadi material berbahan anorganik. Pada dasarnya tulang hidup terdiri dari tiga komponen utama, yaitu bahan organik, terutama protein (kolagen); mineral dalam bentuk kalsium fosfat (hidroksiapatit); dan air. Tulang kaya akan nitrogen (N) dan fosfor (P)

(Walker, Howard, 1993: 17). Tulang merupakan salah satu contoh material nanokomposit yang terjadi dengan sendirinya di alam. Partikel nanokomposit tersebut memiliki struktur, komposisi dan sifat yang berbeda beda. Makin banyak partikel yang berinteraksi maka makin kuat pula materialnya. Hal ini yang membuat ikatan antar partikel makin kuat sehingga tulang menjadi kuat, tahan karat, namun memiliki densitas rendah (ringan).

Setelah suatu organisme mati, komponen bioapatit mengalami proses nekrolisis dan diagenesis, sehingga mengubah jaringan hidup menjadi fase bioapatit fosil (Keenan, 2015: 3). Proses diagenesis tulang dimulai dari pengangkatan jaringan lunak (misalkan otot dan kulit), degradasi kolagen (abiotik dan biotik), dan perubahan kimia struktur mineral pada tulang (bioapatit) yang pada akhirnya menghasilkan dekomposisi (pemecahan suatu senyawa-senyawa kimia) dan terjadi proses permineralisasi dengan lingkungan pengendapannya.

Tulang sub-fosil mempertahankan beberapa kandungan mineral organik dari tulang. Tulang yang menjadi sub fosil cenderung tidak kuat, memiliki sedikit atau tanpa mineralisasi (Buttler, 2015: 9). Hal ini disebabkan karena proses mineralisasi belum selesai sepenuhnya, sehingga terdapat bagian-bagian yang belum tergantikan oleh mineral pembentukan fosil (Wijanarko, 2015: 9). Spesimen ini biasanya memiliki rentang hidup yang pendek dari matriks tempat sub-fosil tersebut ditemukan. Untuk mempertahankan integritasnya, tulang sub-fosil perlu disimpan di lingkungan yang stabil. Tulang sub-fosil sangat rentan terhadap sedikit perubahan dalam lingkungan. Ada dua penyebab utama kerusakan tulang sub-fosil (Buttler, 2015: 9):

1. Kerusakan yang disebabkan oleh tindakan fisik.
2. Kerusakan yang disebabkan oleh kondisi lingkungan yang tidak sesuai.

Selain ciri fisik di atas, untuk mengkategorikan suatu fosil termasuk kategori fosil ataupun sub-fosil bisa diketahui dari kandungan mineralnya. Apabila kandungan mineral sub fosil masih banyak komponen dari tulang, maka kemungkinan fosil termasuk dalam kategori sub-fosil. Proses identifikasi awal ini penting bagi konservator untuk melakukan langkah selanjutnya dalam melakukan perawatan koleksi tersebut.



Gambar 1. Koleksi Museum Klaster Bukuran BPSMP Sangiran mengalami kerusakan fisik kemungkinan dikarenakan termasuk sub fosil



Gambar 2. Koleksi Fosil di Ruang Penyimpanan BPSMP Sangiran mengalami kerusakan karena faktor lingkungan kemungkinan termasuk sub fosil

Kondisi fosil dari beberapa museum memiliki karakteristik yang tidak sama. Hal ini tentu tidak terlepas dari lingkungan asal tempat fosil tersebut ditemukan, proses permineralisasi tulang menjadi fosil, usia fosil itu sendiri yang mengakibatkan perbedaan tingkat fosilisasi tulang menjadi fosil ataupun sub fosil dan juga iklim mikro pada tempat penyimpanan fosil tersebut sekarang.

Tingkat kerusakan pada fosil dapat dikategorikan menjadi beberapa kategori diantaranya tingkat kerusakan ringan, sedang, dan berat. Fosil yang mengalami tingkat kerusakan ringan contohnya fosil kotor akibat terkena debu di ruang penyimpanan, tindakan penanganan dapat dilakukan secara sederhana yaitu pembersihan. Fosil yang mengalami tingkat kerusakan sedang seperti patah yang diakibatkan faktor fisik (*physical force*) dapat dilakukan rekonstruksi dan restorasi. Sedangkan fosil yang mengalami tingkat kerusakan berat, seperti fosil mengalami kondisi yang semakin memburuk setelah disimpan di museum, maka penanganannya membutuhkan penelitian lebih mendalam dengan berbagai uji laboratorium untuk mencari tahu penyebab kerusakan yang terjadi sehingga ditemukan solusi yang tepat. Beberapa kerusakan berikut ditemukan pada saat melakukan monitoring paska konservasi di ruang penyimpanan fosil dan display BPSMP Sangiran dan pada waktu kegiatan pemberian bantuan teknis konservasi di beberapa museum yang menyimpan koleksi fosil.

a. Fosil Mengalami Retak Mikro dan Makro

Fosil yang mengalami gejala retak makro terjadi pada fosil Pelvis Proboscidea di Museum Klaster Bukuran. Pengangkatan Tulang Panggul Gajah Purba (Pelvis Proboscidea) dari lapangan dilakukan dengan menerapkan teknik penyelamatan dengan *polyurethane* (Rosyidah, dkk, 2018: 11).

Pada saat fosil tersebut dibuka dari lapisan pelindungnya (poliuretan), kondisi fosil hampir seluruh bagian fosil mengalami retakan makro, dan sebagian fosil mengalami retakan mikro. Kondisi tersebut kemungkinan dikarenakan perubahan lingkungan fosil (suhu dan kelembaban) yang cukup ekstrim. Setelah sangat lama fosil berada pada kondisi yang stabil di dalam tanah, dan ketika diangkat, terjadi perubahan iklim mikro (suhu, kelembaban, cahaya) maka hal tersebut menyebabkan badan fosil menunjukkan respon melalui



Gambar 3. Kondisi Fosil *Pelvis Elephantidae* Mengalami Retak Makro di Museum Klaster Bukuran
Dokumentasi oleh Laboratorium Museum Klaster Bukuran:
2018

munculnya retakan. Retakan tersebut semakin lama semakin lebar sehingga terjadi retakan makro yang menyebabkan deformasi morfologi pada fosil.

Sedangkan retak mikro pada fosil biasanya hanya bersifat di permukaan. Sama seperti retakan makro, retakan mikro umumnya terjadi dikarenakan beberapa hal seperti perbedaan lingkungan mikro (pada saat di dalam tanah dan tempat penyimpanan fosil setelah diangkat), proses permineralisasi tulang menjadi fosil, usia fosil itu sendiri yang mengakibatkan perbedaan tingkat fosilisasi tulang menjadi fosil ataupun sub fosil. Retakan mikro ini tidak sampai mengubah bentuk fosil dikarenakan struktur fosil masih terbentuk.



Gambar 4. Retak seribu pada fosil koleksi Museum Buton, Kec. Bumiayu, Kab. Brebes Dokumentasi Kegiatan Pendataan dan Konservasi di Bumiayu:2018

b. Fosil Mengalami *Powdering*

Gejala seperti ini muncul pada beberapa fosil yang berasal dari Situs Sambungmacan, Kabupaten Ngawi yang saat ini disimpan di Museum Klaster Ngebung. Pada bagian permukaan fosil mengalami pertumbuhan serbuk-serbuk halus yang apabila dibiarkan serbuk tersebut melebar ke permukaan dan pada bagian dalam fosil. Berikut dokumentasi fosil yang mengalami *powdering*.

Dalam rangka melakukan identifikasi kerusakan maka dilakukan pengambilan sampel dan pengujian kandungan material pada serbuk yang menempel dengan menggunakan *Handled X-Ray Fluorescence Bruker S1 Titan*.

Fosil yang mengalami *powdering* juga terjadi pada fosil kayu yang merupakan koleksi dari Museum Tambaksari, Kecamatan Cijolang, Kabupaten Ciamis, Provinsi Jawa Barat. Proses degradasi ini dimulai dari permukaan luar fosil hingga ke dalam dalam waktu yang cukup lama (lebih dari 2 tahun). Menurut petugas Museum



Gambar 5. Kondisi Fosil Koleksi Museum Klaster Ngebung Yang Berasal dari Sambungmacan Dokumentasi Laboratorium Museum Klaster Ngebung BPSMP Sangiran:2019

Tambaksari, kondisi kerusakan ini makin hari makin parah. Fosil menjadi sangat rapuh dan lembut. Berikut dokumentasi fosil kayu yang mengalami degradasi.

Pada saat menemukan fosil tersebut dilakukan pengambilan sampel, kemudian dilakukan pengujian laboratoris. Sampel tersebut dilakukan pengujian komposisi materialnya menggunakan *X-Ray Flouresence Olympus* di Balai Konservasi Borobudur.



Gambar 6. Koleksi Fosil Kayu dari Museum Tambaksari Kec. Cijolang Kab Ciamis (Dokumentasi Kegiatan Pendataan dan Konservasi di Cijolang:2019)

c. Pengaruh Cahaya Terhadap Fosil

Sumber cahaya yang mengenai koleksi berasal dari cahaya lampu dan cahaya dari sinar matahari. Intensitas cahaya dapat diukur dengan satuan lux (*lumens per square metre*) dengan menggunakan alat luxmeter. Baik cahaya dari lampu ataupun dari sinar matahari, keduanya adalah bentuk energi yang dapat meningkatkan kelembaban (Cronyn:1990:36). Energi cahaya lebih mudah diserap oleh warna dan material tertentu. Pada beberapa koleksi, paparan sinar berlebih dapat memudahkan warna koleksi dan dapat merapuhkan koleksi. Koleksi yang mengandung material sensitif harus ditempatkan pada tempat dengan penyinaran tidak lebih dari 150 lux, untuk koleksi yang sangat sensitif tidak lebih dari 50 lux (Cronyn:1990:78).



Gambar 7. Koleksi Fosil diletakkan di Dekat Jendela Kaca di Museum Klaster Bukuran (A)



Gambar 8. Koleksi Fosil di Museum Klaster Dayu BPSMP Sangiran yang Mendapat Penyinaran dari Lampu (B)

Cahaya matahari masuk melalui jendela kaca ruangan, seperti nampak pada gambar (A) di atas ini merupakan koleksi dari Museum Klaster Bukuran, BPSMP Sangiran. Fosil diletakkan disamping jendela kaca yang pada siang sampai sore hari sinar matahari dapat masuk menembus kaca tersebut. Sedangkan tidak jauh dari lokasi fosil pada gambar (A),

terdapat box plastik yang menjadi sangat rapuh bahkan pecah dalam kurun waktu singkat (± 1 tahun) menurut petugas. Pada gambar (B) diatas, koleksi yang dipamerkan di dalam vitrin diberi lampu yang berjumlah 3 dalam satu vitrin serta dinyalakan terus (termasuk pada siang hari).

III PEMBAHASAN

Identikasi fosil, langkah pencegahan, dan penyelamatan perlu dilakukan untuk menjaga keterawatan fosil dalam jangka panjang. Berikut adalah beberapa langkah yang telah dilakukan dalam rangka mengidentifikasi jenis kerusakan pada fosil baik tingkat kerusakan yang bersifat sedang ataupun tingkat kerusakan berat serta beberapa agen yang diduga dapat menyebabkan kerusakan pada fosil.

a. Fosil Mengalami Retak Mikro dan Makro

Jenis kerusakan fosil tersebut termasuk ke dalam kategori kerusakan sedang. Penanganan yang dilakukan pada fosil tersebut adalah dengan melakukan *filling* pada bagian retakan. *Filling* ini bertujuan untuk mengisi bagian-bagian fosil yang berlubang agar dapat mempertahankan struktur fosil agar tetap menopang sesuai morfologinya. Pada *filling* ini digunakan paraloid yang dilarutkan dalam aseton yang dicampur dengan tanah halus, untuk penyambungan patahan yang besar, digunakan perekat epoksi resin. Berikut adalah dokumentasi fosil setelah dilakukan perbaikan dan setelah dilakukan monitoring pasca konservasi. Setelah kurang lebih satu tahun perbaikan, fosil tersebut masih kokoh.



Gambar 9. Kondisi fosil *Pelvis Proboscidea* setelah perbaikan di Museum Klaster Bukuran

Sedangkan penanganan untuk fosil yang mengalami kerusakan retak mikro adalah dilakukan *coating* (pemberian lapisan pelindung) dengan larutan paraloid 1-2%. Bila kondisi fosil disertai rapuh, maka dilakukan konsolidasi dengan larutan paraloid 3-5%. Teknik konsolidasi dapat dilakukan dengan meneteskan atau merendam fosil dalam larutan konsolidan sesuai dengan kerapuhan fosil (Snow dan Weisser, 2016: 7).

b. Fosil Mengalami *Powdering*

Jenis kerusakan pada fosil seperti ini termasuk ke dalam kategori kerusakan berat, dikarenakan perlu berbagai uji laboratoris untuk mengidentifikasi jenis kerusakan. Hasil pengujian sampel serbuk fosil yang berasal dari Situs Sambungmacan dengan menggunakan *X-Ray Flouresence Bruker S1 Titan* adalah sebagai berikut.

Berdasarkan hasil pengujian komposisi sampel fosil yang berasal dari Sambungmacan dengan menggunakan XRF, maka dapat dilihat komposisi unsur yang paling dominan adalah Besi (Fe) sebanyak 16,2 %, kemudian Sulfur (S) sebanyak 14,40 %, dan yang lain kemungkinan masih terdapat sisa-sisa material organik dari tulang Kalsium (Ca) sebanyak 1,97 % dan sedikit Fosfor (P) sebanyak 0,17 %. Sebagian terdapat material-material anorganik yang sudah mulai masuk seperti silikon oksida (SiO_2) sebanyak 1,49 % dan aluminium oksida (Al_2O_3) sebanyak 1,07 %.

Untuk mengetahui jenis mineral maka harus dilakukan pengujian lebih lanjut dengan menggunakan *X-Ray Diffraction* agar diketahui apakah masing-masing unsur berikatan sehingga membentuk senyawa misalkan Besi (Fe) berikatan dengan Sulfur (S) yang bisa membentuk FeS_2 (disulfida besi) atau dalam mineralogi lebih dikenal dengan *pyrite*. *Pyrite* merupakan salah satu jenis mineral yang biasanya terdapat pada batuan yang apabila perawatannya tidak dilakukan secara khusus bisa menyebabkan degradasi pada koleksi (Becherini, dkk, 2018:1).

Sedangkan hasil pengujian komposisi unsur pada sampel dengan menggunakan *X-Ray Flouresence* di Laboratorium Balai Konservasi Borobudur adalah berikut:

Berdasarkan tabel diatas maka dapat diketahui bahwa komposisi unsur pada sampel fosil kayu di Museum Tambaksari antara lain Sulfur (S) yang dalam hal ini

Elemen	Kandungan [%]	Standart Dev. [%]
Aluminium Oksida (Al_2O_3)	1.07	0.23
Silikon Oksida (SiO_2)	1.49	0.15
Fosfor (P)	0.17	0.02
Sulfur (S)	14.40	0.10
Potassium Oksida(K_2O)	0.07	0.01
Kalsium (Ca)	1.97	0.03
Titanium (Ti)	0.06	0.01
Mangan(Mn)	0.20	0.01
Besi(Fe)	16.20	0.06
Arsenik (As)	0.05	0.00
Stronsium (Sr)	0.05	0.00
Barium (Ba)	0.04	0.01

Tabel 1. Hasil Pengujian Sampel Serbuk dengan Menggunakan XRF

Nama Unsur	Persentase (%)
Al_2O_3	1,15
SiO_2	1,88
PO_4	0,43
SO_4	11,52
CaO	0,82
Fe_2O_3	4,68

Tabel 2. Hasil Pengujian Sampel Serbuk dengan Menggunakan XRF

terdapat dalam ion sulfat (SO_4) sebanyak 11,52 %, kemudian Besi (F) yang dalam hal ini membentuk senyawa besi (III) oksida (Fe_2O_3) sebanyak 4,68 %. Selanjutnya adalah material-material anorganik yang kemungkinan akibat proses *replacement* kayu menjadi fosil kayu yaitu SiO_2 sebanyak 1,88% dan Al_2O_3 sebanyak 1,15%. CaO sebanyak 0,82 % kemungkinan bisa berasal dari *ash* (abu) komponen kayu sebelum menjadi fosil atau bisa diakibatkan mineral dari tanah penyusun fosil. Kayu segar terdiri atas komponen selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Komposisi unsur kayu menurut Suranto (2019) antara lain adalah karbon (C), hidrogen (H), oksigen (O), nitrogen (N) dan abu.

Pengujian komposisi unsur material dengan XRF yang berbeda spesifikasi akan menentukan keakurasian hasil uji. Beberapa XRF memiliki kemampuan pendeteksian jenis unsur yang tidak sama dan juga persentase yang ditampilkan. Oleh karena itu dalam pengujian komposisi material dengan XRF sebaiknya menggunakan tipe alat yang sama.

Seperti halnya fosil yang berasal dari Sambungmacan, maka untuk mengetahui jenis mineral yang terdapat pada fosil kayu tersebut perlu dilakukan pengujian komposisi mineral dengan menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD) agar diketahui jenis senyawanya. Namun dari dua kasus fosil yang mengalami *powdering* baik fosil yang berasal dari Sambung macan, maupun fosil kayu yang berasal dari Museum Tambaksari, dapat ditarik kesimpulan sementara bahwa fosil tersebut sama-sama mengandung unsur Besi (Fe) dan Sulfur (S).

c. Pengaruh Cahaya Terhadap Fosil

Pengaruh cahaya terhadap fosil masih perlu dilakukan studi yang intensif untuk mengidentifikasi jenis kerusakan. Melihat box plastik yang diletakkan pada samping koleksi fosil pada gambar (A) di Laboratorium Klaster Bukuran menjadi rapuh bahkan pecah dalam waktu kurang lebih satu tahun menurut petugas, ada baiknya dilakukan penelitian lebih lanjut untuk melihat pengaruh cahaya sinar matahari terhadap koleksi terutama fosil. Seperti diketahui bahwa sinar matahari dapat menghasilkan energi kalor yang dapat menembus benda bening (kaca) dan akan memberikan pengaruh pada benda di dekatnya sehingga benda tersebut mengalami perubahan suhu.

Penyinaran terhadap koleksi yang berasal dari lampu di Museum Klaster Dayu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut karena selain dilihat dari manfaat penyinaran koleksi pada siang hari dengan kondisi ruang yang sudah cukup terang, juga dilihat dari dampak yang ditimbulkan akibat penyinaran dari lampu



Gambar 10. Box plastik yang berada tidak jauh dari koleksi fosil menjadi sangat rapuh, bahkan pecah akibat terkena cahaya matahari di Laboratorium Klaster Bukuran

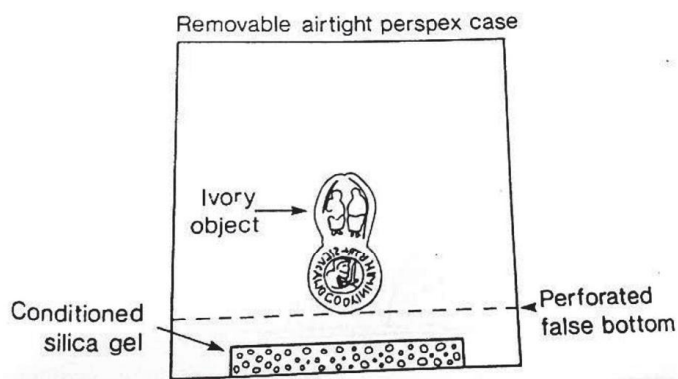
terhadap koleksi fosil. Pemantauan intensitas cahaya baik yang berasal dari cahaya matahari maupun lampu dilakukan untuk menjaga keterawatan koleksi.

d. Pengendalian Lingkungan Mikro Koleksi

Menjaga lingkungan museum yang stabil akan meminimalisir kerusakan terhadap koleksi. Menghindari kerusakan koleksi dengan menghilangkan penyebabnya lebih efektif dan lebih efisien dalam jangka waktu yang panjang daripada memperbaiki koleksi yang telah rusak (Dardes., dkk, 1998). Oleh karena itu, sebaiknya dilakukan konservasi preventif yang mencakup pemantauan dan pengendalian lingkungan mikro serta metode penyimpanan koleksi.

Salah satu cara pengendalian lingkungan mikro pada koleksi yang disimpan di dalam vitrin adalah dengan pemasangan silika gel. Silika gel berfungsi untuk menyerap kelembaban di dalam vitrin agar meminimalisir kerusakan koleksi. Namun silika gel yang semula berwarna biru mengandung logam berat (*cobalt chloride*) yang sangat berbahaya apabila terkena kulit (Anonim: 2011).

Desain vitrin untuk koleksi sebaiknya dibuat yang kedap udara namun tetap harus menyediakan kondisi kelembaban relatif yang stabil. Desain vitrin dibuat *removable* sebagai akses untuk meletakkan silika gel (Cronyn J.M., 1990: 73). Sebaiknya desain vitrin senantiasa tertutup, namun pada bagian bawah objek, alas vitrin dibuat berlubang-lubang yang dibawahnya diletakkan silika gel. Box silika gel ini bisa diakses agar pergantian silika gel untuk direkondisi tetap berlangsung.



Gambar 11. Desain vitrin untuk menyimpan koleksi menurut Cronyn J.M.(1990)

Apabila warna silika gel telah berubah, hal tersebut menjadi petunjuk bahwa silika gel telah menyerap kelembaban dan apabila akan digunakan lagi, maka harus dilakukan rekondisi, dengan memanaskan di dalam oven dengan suhu antara 125 - 150 C (Steven, 2002 : 1). Ruang koleksi dan ruang simpan sebaiknya dibuat tertutup dan menggunakan AC secara kontinu serta sebaiknya dipasang alat *datalogger* sebagai pemantau suhu dan kelembaban.

Tulang *sub fosil* sangat rentan terhadap sedikit perubahan dalam lingkungan. Dalam kondisi kelembaban relatif tinggi (RH), tulang rentan mengalami pembengkakan dan

penyusutan. Ada juga kemungkinan biodeteriorasi, seperti pertumbuhan jamur di atas 70% RH (Buttler C.J.,2015:9). RH rendah dapat menyebabkan pengeringan dan penyusutan, yang menyebabkan retak dan pecahnya tulang. Perubahan suhu dan kelembaban juga akan menyebabkan kerusakan yaitu retak dan *cracking* pada struktur fosil.

Cara paling efektif untuk melindungi material tulang sub-fosil adalah menyimpannya dalam kondisi lingkungan yang stabil yaitu pada kelembaban relatif 50-55% dan temperatur 18-22 ° C (Buttler, 2015: 12). Jika konservasi kuratif diperlukan, maka prinsip intervensi minimum dan reversibilitas maksimum harus menjadi hal yang diutamakan. Setelah perawatan selesai, spesimen sebaiknya tidak boleh ditempatkan kembali ke lingkungan yang tidak cocok.

e. **Monitong dan Evaluasi**

Monitoring paska kegiatan konservasi ini sangat penting dilakukan sebagai bahan evaluasi terhadap intervensi yang telah dilakukan pada koleksi. Sebagaimana diketahui bahwa dampak yang diakibatkan proses intervensi terhadap suatu koleksi bisa diperoleh secara langsung ataupun tidak langsung. Sebagai contoh dampak akibat penggunaan bahan konservan terhadap fosil apakah terjadi perubahan warna terhadap fosil atau tidak. Kemudian dampak yang ditimbulkan akibat penyimpanan fosil yang kurang tepat seperti kondisi iklim mikro, suhu dan kelembaban yang tidak sesuai dengan kondisi koleksi, adanya pencahayaan yang berlebih ataupun rak penyimpanan yang terlalu penuh akan sangat beresiko menyebabkan kerusakan terhadap koleksi. Menurut ICCROM (2016) ada beberapa tahapan untuk mengendalikan resiko kerusakan terhadap koleksi, antara lain mendeteksi agen kerusakan, menghindari penyebab resiko kerusakan koleksi, memberikan penanganan terhadap agen kerusakan, dan memulihkan objek dari kerusakan.

IV

PENUTUP

A. KESIMPULAN

Beberapa hal yang dapat disimpulkan dari uraian di atas adalah sebagai berikut:

1. Identifikasi kerusakan terhadap fosil dilakukan dengan pengamatan baik secara visual maupun uji laboratoris
2. Tingkat kerusakan pada fosil meliputi tiga kategori yaitu tingkat kerusakan ringan, sedang, dan berat. Untuk fosil yang mengalami tingkat kerusakan ringan dapat dilakukan penanganan langsung terhadap koleksi, namun untuk fosil yang mengalami tingkat kerusakan sedang atau bahkan berat harus dilakukan penelitian lebih lanjut dengan

pengujian laboratoris yang komprehensif dan berkesinambungan

3. Pengendalian lingkungan mikro pada koleksi sangat penting untuk menjaga kelestarian koleksi

B. SARAN

1. Dilakukan penelitian lanjutan untuk mengetahui agen-agen penyebab kerusakan (berat) terhadap koleksi fosil secara komprehensif dan berkesinambungan serta penanganannya.
2. Dilakukan pemantauan terhadap fosil dan lingkungan mikronya secara rutin.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2011. *Hazards in Collections Care: NMS Knowledge Exchange*. Workshop 26th October 2011. National Museums Scotland.
- Becherini F, dkk, 2018. *Pyrite Decay of Large Fossils: The Case Study of the Hall of Palms in Padova*, Molecular Diversity Preservation International (MDPI) Italy.
- Buttler Caroline J. 2015. *Damage To Sub-Fossil Bone*. National Museum Wales.
- Cronyn J.M., 1990. *The Elements of Archaeological Conservation*. Routledge. 11 New Fetter Lane, London EC4P 4EE.
- Dardes, K. dkk. 1998. *The Conservation Assessment: A Proposed Model For Evaluating museum Environmental Management Needs*. Getty Conservation Institute.
- Gordon Turner-Walker. 2016. *The Chemical and Microbial Degradation of Bones and Teeth*. School of Cultural Heritage Conservation, National Yunlin University of Science and Technology.
- Pedersoli J.Z., Antomarchi C, and.,Michalski S. 2016. *A Guide to Risk Management of Cultural Heritage*. ICCROM, Government of Canada, Canadian Conservation Institute.
- Rodgers, B. A. 2004. *The Archaeologist's Manual for Conservation*. America: Kluwer Academic.
- Rosyidah, M.Y., dkk, 2018. "Menggali Konteks Data Arkeologis, palaeontologis pada Penyelamatan Temuan Pelvis Proboscidea Di Bukuran". *Jurnal Sangiran No.07 Tahun 2018*. Sragen: Balai Pelestarian Situs Manusia Purba Sangiran.
- Sarah W. Keenan. 2015. *From Bone To Fossil: A Review Of The Diagenesis Ofbioapatite*. University of Tennessee, Department of Earth and Planetary Sciences, 1412 Circle Drive, Knoxville, TN 37996, USA.
- Snow, C. E dan Weisser, T. D. 2016. *The Examination and Treatment of Ivory and Related Materials*. Monash University Library. ISSN: 0039-3630.
- Suranto, Yustinus. 2019. *Kayu Bahan Bangunan Vernakular Minang*. Paparan dalam acara Workshop Konservasi Perkampungan Adat Sijunjung. Fakultas Kehutanan. Universitas Gajah Mada.
- Weintraub Steven. 2002. *Methods For Reconditioning Silica Gel.; Object Specialty Group Postprints* (vol. 9), Washington, D.C.: American Institute for Conservation.
- Walker T dan Howard G. 1993. *The characterisation of fossil bone*. Durham theses, Durham University
- Wijanarko, F. 2015. "Kerusakan dan Pelapukan pada Fosil Saat Ditemukan: Beberapa Cara Meminimalisirnya". *Jurnal Sangiran No. 4 Tahun 2015*. Sragen: Balai Pelestarian Situs Manusia Purba Sangiran