KAJIAN KONSERVASI GUA GAJAH DI GIANYAR BALI

Yudi Suhartono, Marsis Sutopo, Liliek Agung Handoko,
Yudhi Atmaja Hendra Purnama, Basuki Rachmad

Balai Konservasi Borobudur
yudi.suhartono@gmail.com

Abstrak : Pura Gua Gajah merupakan peninggalan dari masa kerajaan Bali Kuna pada rentang waktu abad IX – XIII Masehi. Gua Gajah merupakan salah satu obyek dan daya tarik wisata utama di Bali yang banyak dikunjungi wisatawan manca negara. Gua ini memiliki nilai penting yang tinggi dari sisi arkeologi, sejarah, estetika, ilmu pengetahuan dan ekonomi sehingga harus dijaga kelestariannya. Secara umum kondisi Gua Gajah yang mengalami kerusakan yang disebabkan oleh beberapa faktor, sehingga perlu dilakukan kajian konservasinya.

Kajian ini menggunakan metode Induktif kualitatif dengan tahapan kajian yang digunakan meliputi tahapan pengumpulan data yang terdiri dari pengumpulan data pustaka dan pengumpulan data lapangan untuk mengetahui kondisi keterawatan situs gua Gajah serta pengujian laboratorium pada sampel yang dibawa dari lapangan. Tahap selanjutnya dilakukan pengolahan data hasil pengumpulan data lapangan dan data hasil analisis di laboratorium serta data pustaka untuk mendapatkan hasil yang diinginkan. Hasil pengolahan data ini kemudian dianalisis untuk menjawab permasalahan yang ada. Pada tahap ketiga ini diharapkan diperoleh suatu kesimpulan yang sesuai dengan tujuan kajian.

Dari Hasil kajian dapat diketahui bahwa batuan penyusun Gua Gajah merupakan endapan hasil aktivitas vulkanik yang tersusun dari campuran abu vulkanik (atau tuf ketika mulai membatu) yang tersortasi sangat buruk bersama dengan batuapung lapili, yang umumnya memiliki fragmen litik yang tersebar. Batuan penyusun Gua Gajah merupakan endapan yang belum terkonsolidasi.

Gua Gajah telah mengalami kerusakan dan pelapukan yang dapat mengancam keberadaan gua tersebut. Penyebab utama proses pelapukan batuan kemungkinan adalah proses fisis akibat kelembaban yang tinggi dan juga faktor biologis. Untuk mengurangi kelembaban gua, di bagian atas gua perlu dilapisi dengan lapisan kedap air. Ada dua alternatif yang ditawarkan, pertama melapisi dengan menggunakan mortar dan kedua menggunakan bahan kedap air Geokomposit dan pembuatan saluran air. Sedangkan untuk mengurangi kelembaban yang disebabkan oleh kapiler air tanah, bagian bawah tanah perlu dilapisi dengan bahan kedap air geomembran.

Kata Kunci : Gua Gajah, batuan, kerusakan, pelapukan, bahan kedap air.

Abstract : Pura Gua Gajah (Elevant Cave Temple) represents a remnant from Ancient Bali kingdom at the period between 9th and 11th CE. Meanwhile, the site has become one of the well-known international tourist destinations in Bali. With its rich archaeological, historical, aesthetic, scientific and economical values, it is pertinent that Gua need to be appropriately preserved. In general, several factors are causing damages that need to be studied further.

This study employs inductive-qualitative approach with the phases consist of literary study, filed observation particularly on the site's state of conservation, and laboratory research to examine samples taken. Analysis is provided after all data are collected, in trying to provide solutions for issues identified. Lastly, a conclusion is forwarded to address the study's objectives.

From the study, it is known that the material for Gua Gajah was made through volcanic sedimentation formed by a mix of volcanic ash (or hardened tuff) that is badly sorted with lapilli pumice, which generally has scattered lytic

fragments. It can be assumed that the sedimentation has not been consolidated yet.

Gua Gajah has experienced damages and deteriorations that would further risk the state of conservation of the site. The main cause for these problems is presumably the physical process caused by high humidity, aside from biological factor. To lower the humidity inside the cave, a waterproof layer needs to be installed at the top of the cave. Two solutions are offered: first, to cover it with mortar, and second, to apply geo-composite material for waterproofing in addition to water channel installation. Meanwhile, to tackle the problem caused by water capillarity, the cave ground need to be covered by waterproof layer made from geo-membrane.

Keywords : Gua Gajah, stone, damage, deterioration, waterproof layer

I. Pendahuluan

A. Latar Belakang Permasalahan

Negara Indonesia kaya akan sumberdaya alam maupun sumberdaya budaya yang bisa digunakan untuk kemajuan dan kesejahteraan rakyat. Kekayaan sumber daya budaya dapat berupa fisik maupun non fisik. Salah satu kekayaan tersebut adalah peninggalan purbakala (cagar budaya) yang tersebar di seluruh Indonesia.

Dalam Undang-undang Nomor 11 Tahun 2010, pengertian cagar budaya adalah warisan budaya bersifat kebendaan berupa benda cagar budaya, bangunan cagar budaya, struktur cagar budaya, situs cagar budaya dan kawasan cagar budaya di darat dan/atau di air yang perlu dilestarikan keberadaannya karena memiliki nilai penting bagi sejarah, ilmu pengetahuan, pendidikan, agama, dan/atau kebudayaan melalui proses penetapan (Anomin, 2010).

Propinsi Bali merupakan salah satu propinsi yang memiliki banyak cagar budaya dari masa kerajaan bercorak agama Hindu dari masa abad VIII – XIV M. Cagar budaya yang ditemukan di Propinsi Bali di antaranya adalah arca, prasasti, bangunan kuna seperti pura, pertirtaan dan sebagainya. Salah satu cagar budaya yang memiliki nilai penting yang tinggi adalah Situs Gua gajah yang terletak di Desa Bedulu, Kecamatan Blahbatu, kabupaten Gianyar. Lokasi situs gua gajah berjarak sekitar 24 Km dari Denpasar.

Secara geografis, situs Gua gajah terletak pada 8° 20' 20" Bujur Timur s.d. 8° 51' 20" Lintang Selatan yang diukur dari meridian Jakarta. Situs gua gajah ini terletak di tebing kiri sungai petanu dengan ketinggian antara 100 meter sampai 400 meter di atas permukaan laut. Situs ini membelah daerah perbukitan yang mendominasi keadaan alam sekitarnya, di sebelah selatan sungai Petanu dan

cabangnya, di sebelah timur dan barat perbukitan dan di utara adalah jalan raya. Suhu udara di situs ini berkisar antara 25° C sampai 30° C dengan curah hujan rata-rata tiap tahun mencapai 3.500 mm (Suantra dan Muliarse, 2006).

Pura Gua gajah ditemukan pertama pada tahu 1923 dan khusus bangunan kolam ditemukan pada tahun 1954 yang sudah pernah dipugar pada tahun 1975/1976 sampai dengan 1997/1998. Pemugaran saat itu meliputi kegiatan penggalian dan penyelamatan di sekitar kolam petirtaan. Hasil penggalian antara lain menemukan struktur batu padas yang menempel pada dinding sisi barat pura Gua gajah. Struktur susunan batu padas tersebut kemudian di bongkar dan dipasang kembali dengan perkuatan struktur beton. Penanganan rekahan dinding dan langit-langit gua yang pecah diberi isian diberi isian berupa campuran pasir dan semen pada tempat-tempat tertentu serta diberi nomor untuk memudahkan dalam pengamatan selanjutnya. Pada tahun 2000 tim dari Balai Studi dan Konservasi Borobudur melakukan Studi teknis pada situs tersebut (Susilo, dkk, 2000).

Berdasarkan laporan Susilo dkk (2000) yang melakukan studi teknis, dapat diketahui bahwa situs gua gajah terletak di daerah yang lebih rendah sehingga mempunyai kelembaban yang relative lebih tinggi, dengan curah hujan yang cukup tinggi, yang mana kondisi ini memicu pertumbuhan jasad baik berupa lumut, algae dan lichen akan tumbuh subur. Selain itu kondisi struktur batu gua gajah yang merupakan proses sedimentasi, seperti telah diketahui bahwa struktur batuan sedimen rentan terhadap proses pelapukan, oleh karena sebagian besar batuan yang ada di pura Gua gajah telah mengalami

pelapukan baik secara fisis, khemis dan biologis.

Gua gajah merupakan gua buatan yang dibangun ke dalam sebuah batu besar yang terdiri lapisan batuan tufa pasir dan pasir tufa. Lapisan pasir batuan merupakan lapisan yang masif dan merupakan blok-blok batuan yang pada umumnya merupakan bidang kontak antara blok batuan yang merupakan bagian terlemah dan terisi oleh butiran-butiran halus yang sifatnya lepas. Selain itu pengaruh aliran rembesan sering muncul melalui bidang kontak ini, yang mengakibatkan kedudukan batuan batuan menjadi goyah dan memungkinkan lepas dari kedudukan semula (Soesilo, dkk, 2000).

Lokasi gua gajah berada di dekat jalan raya Ubud dan Gianyar. Kondisi lalu lintas sangat padat dengan banyak kendaraan yang lewat baik berupa kendaraan pribadi maupun kendaraan trailer dan umumnya dengan kecepatan tinggi. Kondisi ini menyebabkan adanya getaran yang ditimbulkan dan dapat dirasakan di dalam gua. Getaran yang terjadi akibat lalu lintas akan memberikan pengaruh terhadap stabilitas batuan yang ada, terutama lepasnya batuan berbentuk bongkah-bongkah melalui bidang kontak bongkah-bongkah batu tersebut. Selain itu, pengaruh pepohonan yang di tanam di sekitar lingkungan gua gajah mempengaruhi kestabilan gua, terutama akar-akar pepohonan yang mampu menembus retakan/celah yang merupakan bidang kontak bongkah batuan yang dapat berakibat merenggangkan bidang kontak tersebut. Di samping hal-hal di atas, banyaknya kios-kios souvenir dan beban lapangan parkir kendaraan secara tidak langsung menambah ketidakstabilan lereng gua (Soesilo dkk, 2000).

Kondisi gua gajah saat ini, jalan raya telah dipindahkan agak jauh dari gua gajah, namun pengaruh pepohonan masih mempengaruhi kestabilan gua. (Susila, dan Tenaya, 2016) mengatakan bahwa bahwa pemanfaatan situs gua gajah sebagai objek wisata juga memberikan dampak negatif bagi situs tersebut. Dampak negatif yang ditimbulkan terjadi degradasi material yang terlihat sangat jelas pada beberapa material situs cagar budaya gua gajah yaitu pada pintu masuk gua dan pada material undak-undak pertirtaan. Pada lantai lorong gua terjadi penumpukan lapisan tanah disebabkan oleh partikel-partikel tanah pada alas kaki baik sandal maupun sepatu yang dipakai masuk ke dalam gua oleh pengunjung. Pada undakan pintu masuk gua terjadi pengikisan material batu

padas yang juga disebabkan oleh lalu lalang atau keluar masuk pengunjung ke dalam/ke luar gua membawa alas kaki. Pada undakan pintu masuk pertirtaan pada bagian barat dan selatan juga terjadi pengikisan material struktur undak disebabkan oleh keluar masuk pengunjung membawa alas kaki. Berdasarkan informasi dari Balai Pelestarian Cagar Budaya Bali, kondisi Gua gajah sekarang sangat memprihatinkan, selain pertumbuhan jasad seperti jamur, algae dan lichen yang makin bertambah, juga terjadi retakan di beberapa bagian gua. Selain itu juga terjadi penurunan lantai dalam gua. Melihat kondisi tersebut diperlukan kajian yang menyeluruh untuk mengetahui dan mengidentifikasi kerusakan dan pelapukan yang terjadi dan solusi penanganannya yang akan menjadi fokus pada kajian ini.

B. Permasalahan

Berdasarkan latar belakang permasalahan, maka permasalahan yang muncul pada penelitian ini adalah:

1. Jenis-jenis kerusakan dan pelapukan apa saja yang terjadi pada situs gua gajah dan apa penyebabnya?
2. Bagaimana solusi penanganan konservasi terhadap kerusakan dan pelapukan yang terjadi pada situs Gua Gajah?

C. Tujuan

Sesuai dengan permasalahan-permasalahan yang diajukan, maka penelitian ini bertujuan:

1. Menidentifikasi kerusakan dan pelapukan yang terjadi pada situs gua gajah
2. Menidentifikasi penyebab dari kerusakan dan pelapukan yang terjadi pada situs gua gajah
3. Mencari solusi penanganan untuk konservasi gua gajah.

D. Manfaat

Manfaat kajian yang diharapkan adalah:

1. Sebagai bahan wacana pengembangan ilmu pengetahuan khususnya tentang konservasi cagar budaya
2. Data dan analisis yang dilakukan dalam kajian ini diharapkan dapat bermanfaat dalam melakukan konservasi pada situs gua gajah

E. Ruang Lingkup

Sesuai dengan tujuan penelitian maka ruang lingkup kajian ini adalah kompleks pertirtaan yang terdiri dari Gua Gajah dan bangunan petirtaan. Fokus kajian lebih pada kerusakan dan pelapukan yang terjadi serta solusi penanganannya. Penetapan fokus penelitian diperlukan agar pengkajian terhadap permasalahan yang telah dirumuskan dapat tercapai sesuai dengan tujuan penelitian (Muhadjir, 2002 : 148).

II. Metode Penelitian

Untuk membantu dalam penelitian menggunakan metode Induktif kualitatif. Metode ini bertolak dari data yang ada di lapangan yang kemudian akan dirumuskan menjadi model, konsep, teori, prinsip, proposi, atau definisi yang bersifat umum. Induksi adalah proses dimana peneliti mengumpulkan data dan kemudian mengembangkan suatu teori dari data tersebut, yang sering juga disebut grounded theory (Lawrence R. Frey, dalam Mulyana, 2006 : 156-157).

Sehubungan dengan tujuan kajian ini, maka kajian dilakukan melalui tahapan-tahapan yang meliputi:

1. Tahap Pengumpulan Data

Pada tahap ini, untuk memperoleh data yang sesuai dengan tujuan kajian, maka pengumpulan data dilakukan dengan beberapa cara yaitu :

a. Studi Pustaka

Pada tahap ini dilakukan penelahan pustaka yang berhubungan dengan topik yang dibahas dan dapat digunakan untuk pembahasan topik yang dibicarakan atau sebagai bahan acuan. Pustaka yang ditelaah meliputi kerusakan dan pelapukan pada cagar budaya khususnya situs gua gajah dan data tentang konservasi dan arkeologi yang mendukung kajian.

b. Pengumpulan data lapangan

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data ke lapangan yaitu ke situs gua gajah di kabupaten Gianyar, untuk memperoleh data-data tentang kondisi keterawatan Gua gajah. Selain itu juga diambil data mengenai kondisi lingkungan gua dan pengambilan sampel untuk dilakukan analisis di laboratorium.

c. Pengujian di laboratorium

Pada kajian ini akan dilakukan pengujian laboratorium berupa analisis unsur dan analisis petrografi

untuk mengetahui data sampel yang dibawa yang dapat menggambarkan kondisi gua gajah yang dikaji. Selain itu juga dilakukan percobaan-percobaan lainnya untuk mendapatkan data yang akurat.

2. Tahap Pengolahan Data

Pada tahap ini, dilakukan pengolahan data hasil pengumpulan data lapangan dan data hasil analisis di laboratorium serta data pustaka untuk mendapatkan hasil yang diinginkan. Hasil pengolahan data ini diharapkan akan menghasilkan kesimpulan sementara sesuai dengan tujuan kajian.

3. Tahap Penafsiran Data

Berbeda dengan dua tahap sebelumnya, maka pada tahap ketiga akan dicoba untuk dianalisis lebih lanjut hasil pengolahan data yang telah dilakukan. Hasil analisis ini kemudian akan ditafsirkan lebih lanjut untuk menjawab permasalahan yang ada. Pada tahap ketiga ini diharapkan diperoleh suatu kesimpulan yang sesuai dengan tujuan penelitian. Kesimpulan yang diambil tentu saja masih bersifat sementara, dan masih tetap diperlukan penelitian lebih lanjut serta lebih menyeluruh.

III. Tinjauan Pustaka

Geosintetik

Geosintetik adalah suatu produk buatan pabrik dari bahan polymer yang digunakan dalam sistem atau struktur yang berhubungan dengan tanah, batuan, atau bahan rekayasa geoteknik lainnya. Geosintetik telah banyak diaplikasikan secara luas pada pekerjaan bidang geoteknik sebagai bahan perkuatan, separasi, drainase, filter dan penghalang air dan kelembaban. Terdapat bermacam-macam jenis geosintetik dengan fungsi yang spesifik. Secara umum material geosintetik dapat dikategorikan menjadi enam kelompok, yaitu Geotekstil, Geomembran, Geogrid, Geokomposit, Geonet dan Geosynthetic clay liner.

Terkait dengan konservasi Gua gajah, maka perlu upaya untuk melindungi struktur gua dari infiltrasi air hujan dan kelembaban udara dari lantai dasar gua. Oleh karena itu, jenis geosintetik yang dipertimbangkan upaya konservasi tersebut adalah yang memiliki kemampuan transmisi, filtrasi dan isolasi. Dalam hal ini, tipe geosintetik yang dipilih adalah geokomposit dan

geomembran. Karena bahan geokomposit sendiri dapat berupa campuran dari dua macam jenis geosintetik, maka penjelasan mengenai jenis geosintetik lain sebagai komponennya akan disertakan pada bagian berikut.

1. Geotekstil

Jenis bahan geosintetik yang banyak digunakan adalah geotekstil. Bahan tekstil bersifat lolos air ini dibuat di pabrik dari bahan-bahan sintesis, seperti: nylon, polyethilane, polyester, polypropylene, polyvinyl chloride dan kombinasi dari bahan tersebut. Berdasarkan teksturnya, geotekstil dapat dibedakan menjadi tipe anyam (woven) dan ni-anyam (non-woven)

Foto 1, Tipe geotekstil

Secara umum, geotekstil dapat terdegradasi oleh sinar ultraviolet, sehingga beberapa usaha dilakukan untuk menaikkan ketahanan bahan geotekstil terhadap ultraviolet salah satunya dengan mengolah bahan polymer dengan ramuan khusus.

Salah satu fungsi geotekstil adalah sebagai filter. Kemampuan filtrasi terkait dengan aplikasi geotekstil pada sistem drainase. Dalam hal ini, geotekstil berfungsi untuk menyaring butiran halus tanah tidak terangkut aliran rembesan yang dapat menyumbat saluran/ pipa drainase (Hardiyatmo, 2013)

2). Geomembran

Geomembran adalah suatu material dari karet atau plastik yang kedap air, dan banyak digunakan terutama untuk pelindung dasar dan tebing pembatas dari struktur penampung cairan. Pada dasarnya geomembran berfungsi sebagai penghalang atau pencegah aliran kelembaban atau cairan.

Foto 2, Bentuk geomembran (sumber : Hardiyatmo, 2013)

Foto 3. Aplikasi geomembran sebagai lapisan kedap pada dasar kolam penampungan air (sumber : <https://distributorgeotextile2016.wordpress.com>).

3). Geokomposit

Geokomposit adalah material yang merupakan gabungan dari dua atau lebih jenis material geosintetik, misalkan geotekstil dan geogrid, geotekstil dan geomembran, atau gabungan dari material yang lain. Tujuan dibuatnya material geokomposit adalah untuk maksud tertentu yang memerlukan fungsi masing-masing material secara bersamaan. Misalnya, apabila geotekstil dilekatkan pada geomembran, maka hal ini untuk melindungi geomembran dari gaya tusukan, sobekan dan menambah kekuatannya. Terkait dengan fungsinya sebagai drainase, geokomposit dapat pula berupa kombinasi antara geotekstil yang berfungsi sebagai filter dan suatu geosintetik khusus yang berfungsi sebagai drainase (Hardiyatmo, 2013). Contoh dari jenis ini adalah geosintetik Delta.

Foto 4. Geosintetik komposit (a) Delta dari Tetrasa Geosinindo (b) Mirafi G-series dari Tencate (sumber : Hardiyatmo, 2013)

IV. Hasil Observasi Lapangan

Dilihat dari karakteristiknya, batuan penyusun Gua gajah merupakan endapan hasil aktivitas vulkanik yang tersusun dari campuran abu vulkanik (atau tuf ketika mulai membatu) yang tersortasi sangat buruk bersama dengan batupung lapili, yang umumnya memiliki fragmen litik yang tersebar. Batuan penyusun Gua gajah merupakan endapan yang belum terkonsolidasi. Bagian yang telah terlihat mengeras hanya pada permukaannya saja, itupun sangat tipis (1-5 mm) sedangkan bagian dalamnya masih merupakan tanah yang memadat. Kekerasan bagian permukaan yang telah mengeras pun cukup rendah, yaitu hanya 2 skala mohs.

Kondisi Gua gajah telah banyak mengalami kerusakan dan pelapukan, baik kerusakan mekanis, pelapukan fisis, pelapukan khemis dan pelapukan biologis. Kerusakan dan pelapukan yang terjadi antara lain adalah retak, pecah, pengelupasan, penggaraman maupun pertumbuhan mikroorganisme seperti alga, lumut dan lichen. Pada bagian yang mengelupas biasanya ditumbuhi lumut maupun alga.

1. Kerusakan Mekanis

Kerusakan mekanis yang terjadi pada situs Gua gajah adalah retak dan pecah. Retakan banyak terdapat pada dinding gua sedangkan bagian yang pecah terlihat pada ornamen gua. Retakan yang terjadi pada dinding gua disebabkan oleh pembebanan maupun getaran. Pembebanan oleh struktur gua menyebabkan retakan ketika dinding tidak lagi mampu menahan beban secara stabil. Ditambah dengan kondisi material gua yang belum terkonsolidasi menyebabkan kekuatan dalam menopang struktur pun akan lebih rendah. Selain itu getaran baik dari gempa bumi yang pernah terjadi maupun getaran karena aktivitas lalu lintas di dekat gua (sebelum jalan

raya dipindah menjauhi gua) juga menjadi faktor yang berpengaruh terhadap terjadinya retakan. Hal ini dikarenakan gerakan vertikal dan horizontal dari getaran sampai batas tertentu akan membuat dinding gua tidak stabil sehingga menimbulkan retakan. Kondisi retakan di beberapa tempat telah ditutup dengan mortar. Selain retakan, kerusakan mekanis yang terjadi adalah pecah. Bagian yang pecah terlihat pada ornamen gua. Kondisi ornamen gua yang pecah ini disebabkan karena efek getaran yang ditambah dengan kondisi material yang belum terkonsolidasi sehingga kekuatannya pun rendah.

Foto 5. Retakan pada dinding gua yang telah ditutup dengan mortar

Foto 6. Kondisi ornamen gua yang pecah

2. Pelapukan Fisis

Pelapukan fisis yang terjadi pada situs Gua Gajah adalah pengelupasan. Pengelupasan banyak terjadi pada dinding maupun ornamen pada bagian luar gua. Bagian yang mengelupas adalah lapisan tipis pada permukaan batuan penyusun gua yang telah mengeras. Pengelupasan ini disebabkan oleh adanya kapilarisasi air maupun air hujan yang merembes pada dinding gua. Faktor kapilarisasi

air maupun air hujan yang merembes pada dinding gua dalam waktu yang lama akan menyebabkan degradasi kualitas batuan karena ikatan antar partikel material menjadi lemah, sehingga menyebabkan material batuan menjadi rapuh yang pada akhirnya akan mengelupas. Selain itu degradasi kualitas material juga disebabkan oleh faktor fluktuasi suhu dan kelembaban (material maupun lingkungan) yang akan menyebabkan kembang susut material yang lama kelamaan akan membuat ikatan partikel menjadi melemah yang pada akhirnya akan membuat dinding mengelupas. Pengelupasan banyak terjadi pada lapisan tipis pada permukaan batuan yang telah mengeras karena kembang susut material yang telah mengeras dengan yang belum mengeras akan berbeda. Selain itu pengelupasan banyak terjadi pada bagian luar gua karena fluktuasi suhu dan kelembaban di luar jauh lebih tinggi daripada di dalam gua. Bagian luar gua langsung terpapar oleh sinar matahari sehingga akan mempercepat pengelupasan. Pada bagian yang mengalami pengelupasan biasanya ditumbuhi lumut maupun alga.

Foto 7. Pengelupasan pada dinding gua bagian luar

3. Pelapukan Khemis

Pelapukan khemis terjadi pada situs Gua Gajah adalah penggaraman. Penggaraman pada permukaan dinding gua disebabkan oleh kandungan air yang ada pada pori-pori batuan. Akibat terjadinya penguapan, air yang ada pada pori-pori batuan akan keluar. Air keluar membawa mineral yang ada pada batuan sehingga ketika air menguap maka mineral yang terbawa akan tertinggal dan mengendap pada permukaan batuan.

4. Pelapukan biologis

Pelapukan biologis terlihat dari dinding dinding

gua yang ditumbuhi algae, lumut maupun lichen. Hal ini dapat disebabkan karena kapilarisasi air maupun air hujan yang menjadikan dinding menjadi lembab sehingga ditumbuhi oleh algae dan lumut. Pada bagian yang relatif kering dan langsung terpapar oleh sinar matahari, algae bersimbiosis dengan jamur dan menghasilkan lichen. Selain itu pelapukan biologis yang terjadi adalah akar tumbuhan yang menembus dinding gua dan masuk ke dalam gua. Hal ini dikarenakan pada bagian atas gua ditumbuhi oleh banyak tanaman baik yang berakar serabut maupun tunggang.

Foto 8. Dinding bagian luar yang banyak ditumbuhi oleh algae, lumut dan lichen

Foto 9. Vegetasi di bagian atas Gua Gajah

Foto 10. Akar tumbuhan menembus dinding gua bagian dalam

Selain proses kerusakan dan pelapukan yang terjadi di gua gajah, juga terdapat beberapa permasalahan lain yang meliputi

1. Kala di ambang pintu masuk

Di atas ambang pintu masuk ke gua terdapat arca kala, yang saat ini kondisi di topang/sangga oleh besi yang sudah berkarat. Pada kala terdapat beberapa retakan dan pengelupan. Kondisi ini sangat mengkhawatirkan mengingat letak di atas ambang pintu masuk tempat wisatawan keluar masuk gua, sedangkan kekuatan kala ini hanya pada besi yang menyangganya. Jika tidak segera ditangani dikhawatirkan akan roboh dan membahayakan keselamatan wisatawan ketika melewati pintu masuk.

Foto 11, Besi yang menompang kala

2. Dampak Aktivitas Religi

Gua Gajah masih digunakan oleh masyarakat sekitar yang beragama Hindu untuk melakukan kegiatan keagamaan/religi. Dalam aktivitas religi menggunakan media dupa, lilin dan kemenyan serta berbagai persembahan seperti bunga, dan lain-lain,

Penggunaan dupa dan lilin dalam kegiatan ritual di dalam gua gajah meninggalkan dampak pada dinding dan relung gua. Hal ini terlihat ada bekas warna hitam pada beberapa bagian dinding dan atas gua yang diduga berasal dari asap dupa, lilin dan kemenyan yang mengenai bagian gua dalam jangka waktu yang lama. Selain itu bekas-bekas noda hitam dan sisa-sisa pembakaran dupa, lilin kemenyan juga terlihat pada relung-relung yang ada di gua.

Foto 12. Salah satu bekas noda hitam di dinding gua

Pada halaman di depan Gua Gajah terdapat petirtaan dengan ukuran panjang x lebar dalam = 23 x 13 meter. Petirtaan ini dibangun dengan tatanan blok batu. Jenis batu yang digunakan adalah breksi tuf. Pada dinding petirtaan, pagar petirtaan maupun pancoran sebagian besar permukaannya telah ditumbuhi organisme seperti lumut, algae dan lichen. Kondisi petirtaan yang lembab karena selalu terisi air ditambah dengan lokasinya yang ada di luar dan selalu terkena langsung sinar matahari menyebabkan organisme mudah tumbuh.

Foto 13, Kondisi petirtaan dilihat dari atas gua

Foto 14. Pertumbuhan lichen, alga dan lumut pada dinding petirtaan dan pancuran

Bagian tangga maupun lantai petirtaan juga telah banyak mengalami kerusakan dan pelapukan. Selain pertumbuhan organisme seperti lumut, alga dan lichen, tangga maupun lantai petirtaan telah banyak mengalami keausan. Keausan terjadi akibat faktor manusia (pengunjung yang naik

Foto 15. Keausan lantai petirtaan karena aktifitas pengunjung (gesekan dengan alas kaki pengunjung)

Foto 16. Keausan tangga petirtaan karena aktifitas pengunjung maupun faktor fisis dan biologis turun ke petirtaan) maupun karena fluktuasi suhu dan kelembaban material serta pertumbuhan organisme. Selain itu dari karakteristik batu yang kekerasannya hanya sekitar 2-3 skala mohs.

V. Pembahasan

1. Pelapukan Gua

Dari hasil survei menunjukkan bahwa kondisi batuan pada gua telah mengalami pelapukan cukup tinggi. Kemungkinan faktor utama pelapukan batuan adalah proses fisis akibat kelembaban yang tinggi dan juga faktor biologis. Hal yang cukup menarik adalah

tingkat kekerasan batuan yang terpapar oleh udara luar sedikit lebih tinggi daripada batuan utamanya akibat adanya proses kimiawi pada permukaan batuan. Dari uji sederhana, batuan dapat dipatahkan dengan tangan, dan beberapa bagian bahkan dapat diremukkan menggunakan tangan. Tingkat pelapukan batuan pada lokasi dapat dikategorikan Lapuk Tinggi (Highly Weathered, WH) hingga Lapuk Keseluruhan (Completely Weathered, WC) berdasarkan tabel tingkat pelapukan batuan beku dan batuan metamorf dan berdasarkan tabel Estimasi kuat tekan bebas serta pengamatan lapangan batuan utuh pada lokasi dapat dikategorikan sebagai tingkat R1 dengan perkiraan kekuatan tekan uniaksial 1 – 5 Mpa.

Secara keseluruhan, struktur batuan pada Gua Gajah cukup masif dengan bidang diskontinuitas tidak terlalu rapat. Dari pengamatan visual, dapat diperkirakan bahwa nilai Rock Quality Designation, RQD > 80 %. Struktur batuan yang ada pada Gua Gajah berupa retakan dengan lebar rekahan maksimum 5 cm. Beberapa retakan yang cukup besar telah ditangani dengan mengisi celah dengan spesi semen/grouting. Retakan yang ada pada batuan memungkinkan air merembes ke celah batuan dan mempercepat proses pelapukan. Dari pengamatan, kondisi celah bidang diskontinuitas lembab dan tingkat pelapukan cukup tinggi. Material yang telah lapuk dari batuan dapat mengisi celah retakan batuan sehingga mengurangi kekuatan massa batuan secara keseluruhan.

2. Kondisi Air

Dari pengamatan di lapangan, alur hidrologi pada lokasi dimulai dari infiltrasi air hujan pada sisi atas gua. Merembesnya air hujan pada tanah di atas gua menyebabkan tingkat kelembaban dinding gua menjadi tinggi sehingga mempercepat laju pelapukan. Pada bagian depan gua juga terdapat pertirtaan tempat retensi air hujan sehingga tanah disekitar gua menjadi lembab. Lembabnya tanah dalam gua otomatis menyebabkan tingginya tingkat kelembaban udara pada gua sehingga menciptakan kondisi ideal bagi tumbuhnya ganggang/lumut pada batuan didalam gua. Saat turun hujan, bagian dalam juga basah, ini menunjukkan bahwa bagian atas gua masih bisa di aliran air hujan ke bagian dalam gua. Kondisi ini juga menjadi salah satu faktor penyebab kelapukan batuan gua.

Foto 17. Instalasi listrik di dalam gua tampak basah setelah terjadi hujan.

3. Stabilitas Gua

Hasil pengamatan dan analisis di ketahui bahwa penyebab berkurangnya stabilitas gua dapat ditinjau dari dua sisi, yaitu:

a. Faktor Eksternal

Faktor eksternal yang dapat mengurangi stabilitas gua antara lain adalah:

- Beban di atas gua, seperti tumpukan material sampah atau sisa tumbuhan, pepohonan yang cukup besar dan tanah dengan kadar air yang tinggi (akibat infiltrasi)
- Pelapukan biologis akibat penetrasi akar pohon ke dalam gua, serta pelapukan oleh ganggang dan lumut
- Kelembaban tinggi mempercepat laju pelapukan batuan utuh dan bidang retak.

b. Faktor Internal

Faktor internal yang berkontribusi pada berkurangnya stabilitas gua adalah kondisi batuan utuh dan struktur batuan pada massa batuan secara keseluruhan. Batuan beku muda dengan tingkat pelapukan cukup tinggi serta dengan struktur yang memiliki retak secara keseluruhan mengurangi kekuatan massa batuan, sehingga stabilitas gua dapat berkurang.

4. Model penanganan Gua Gajah

Gua gajah merupakan data arkeologi yang sangat penting dan mempunyai nilai penting (value) yang tinggi, Analisis nilai penting menunjukkan bahwa situs gua gajah memiliki nilai penting dari sudut pandang arkeologi, sejarah, ilmu pengetahuan dan nilai penting ekonomi.

Dikarenakan memiliki nilai penting yang tinggi maka dalam penanganan perlu memperhatikan aspek arkeologi dan orsinalitas, sehingga solusi menggunakan teknik struktural yang dapat mengubah keaslian dari situs akan dihindari. Oleh karena itu, solusi yang ditawarkan adalah soft engineering yang menggunakan teknik-teknik yang bisa diselaraskan dan tidak mengganggu nilai penting yang terkandung dalam situs ini.

Dalam upaya konservasi terhadap gua gajah, perlu dibuat penanganan untuk proses mengurangi pelapukan terhadap material gua. Penanganan konservasi gua gajah meliputi :

A. Penataan ulang lahan di atas gua sehingga beban di atas gua dan infiltrasi dapat dikurangi, yaitu dengan cara:

1. Pembersihan lahan dari puing-puing, sampah, sisa pepohonan, rumput ilang serta pepohonan sehingga beban di atas gua dapat dikurangi

Di atas gua banyak ditemukan puing-puing, sampah dan sisa sisa peponanan yang menyebar di atas gua sehingga dapat menambah beban gua. Selain itu di atas juga terdapat beberapa pohon besar seperti pohon kelapa dan beberapa jenis pohon lainnya yang akarnya masuk ke dalam gua. Jika pohon-pohon ini tidak dihilangkan akan mengganggu kelestarian gua.

2. Untuk meminimalkan dan menghindari air hujan dari atas gua merembes masuk ke dalam gua diperlukan pengaplikasian bahan untuk melapisi permukaan atas gua. Ada 2 model opsi yang diajukan pada kajian ini

a. Pelapisan mortar pada atas permukaan Gua Gajah menjadi salah satu opsi untuk meminimalkan air hujan merembes masuk ke dalam Gua. Percobaan dilakukan dengan pembuatan mortar semen PC dan mortar hidrolik yang dibuat dengan beberapa variasi komposisi. Selanjutnya dilakukan uji laboratorium untuk menentukan mortar dengan kualitas yang paling baik dan paling tepat untuk diaplikasikan. Hasilnya adalah:

1) Mortar semen PC

Untuk mortar semen PC dibuat dengan 4 variasi komposisi yaitu masing-masing (perbandingan semen PC : pasir) 1:2, 1:2 + siklatex, 1:3, dan 1:3 + siklatex. Hasilnya adalah sebagai berikut:

Komposisi mortar	Porositas (%)	Kadar air jenuh (%)	Daya serap air (%)				Kekerasan (skala mohs)
			1 jam	3 jam	6 jam	24 jam	
1:2	28,23	14,35	12,14	12,31	12,48	12,82	3-4
1:2 + sikalatex	24,84	12,93	6,98	7,85	8,90	9,77	3-4
1:3	29,40	15,62	13,64	13,99	14,34	14,69	3-4
1:3 + sikalatex	26,13	14,14	7,50	8,65	10,00	11,15	3-4

Keterangan

1 : 2 = semen PC : pasir

sikalatex yang ditambahkan dicampurkan pada air untuk pembuatan mortar dengan perbandingan 1:4 (sikalatex : air)

Dari hasil pengujian mortar PC terlihat bahwa mortar yang paling baik untuk digunakan adalah mortar dengan perbandingan 1:2 (semen: pasir) yang ditambahkan sikalatex karena volume porinya paling kecil sehingga akan membuat porositas, kadar air jenuh maupun daya serap airnya juga paling kecil (memiliki kekedapan yang paling baik).

2) Mortar semen hidrolik

Untuk mortar semen hidrolik dibuat dengan 3 variasi komposisi yaitu masing-masing (pasir : bubukan bata : kapur) 2:2:1, 2:1:1 dan 3:1:1. Hasilnya adalah sebagai berikut :

Komposisi mortar	Porositas (%)	Kadar air jenuh (%)	Daya serap air (%)				Kekerasan (skala mohs)
			1 jam	3 jam	6 jam	24 jam	
2:2:1	41,48	27,90	24,47	25,11	25,53	25,95	± 2
2:1:1	38,42	24,54	23,20	23,87	24,10	24,32	± 2
3:1:1	42,62	27,61	24,27	24,85	25,24	25,64	± 2

Keterangan

2:1:1= pasir : bubukan bata : kapur

Dari hasil pengujian mortar hidrolik terlihat bahwa mortar yang paling baik untuk digunakan adalah mortar dengan perbandingan 2:1:1 (pasir:bubukan bata:kapur karena volume porinya paling kecil sehingga akan membuat porositas, kadar air jenuh maupun daya serap airnya juga paling kecil (memiliki kekedapan yang paling baik),

Selain fungsi di atas, mortar hidrolik ini bisa juga berfungsi untuk mengisi retakan pada dinding gua.

b. Pelapisan bagian atas gua dengan lapisan kedap air dan saluran drainase Pelapisan menggunakan bahan geosynthetic tipe campuran antara geotekstil yang

berfungsi filter dan lapisan drainasi. Bahan, ini selain kedap air, juga memiliki fungsi drainasi dan filtrasi sehingga dapat mengalirkan air hujan ke saluran drainasi dan juga mencegah penyumbatan saluran drainasi oleh butiran tanah.

Pelapis yang digunakan untuk melapisi bagian atas gua Gajah menggunakan Geokomposit. Hal ini bertujuan meminimalkan infiltrasi air hujan masuk ke dalam gua, sehingga laju pelapukan yang disebabkan oleh faktor air dapat di minimalkan. Geokomposit yang digunakan memiliki fungsi drainase dan filtrasi. Pemasangan lapisan Geokomposit diharapkan berfungsi efektif mengalirkan rembesan air hujan ke sistem drainase. Filter pada geokomposit ini mencegah butiran halus dari tanah asli di atasnya masuk ke saluran drainase, sehingga mencegah penyumbatan. Di pasaran tipe yang dapat dipakai adalah produk Delta yang banyak dijual oleh beberapa perusahaan.

Secara teknis pemasangan lapisan geokomposit dilakukan di bagian atas Gua gajah dengan kedalaman 15 cm, dan dibuat miring ke depan dan di depannya diberi saluran drainase setengah lingkaran terbuka dengan diameter 30 cm. dan di sambung pipa yang kemudian air dialirkan ke saluran drainase yang sudah ada di kolam petirnaan. Untuk mencegah tanah masuk ke saluran drainase di batas tanah dengan saluran drainase diberi lapisan ijuk. Sedangkan di dalam saluran drainase di beri kerikil. Lapisan geokomposit ini kemudian ditimbun tanah dan di atas tanah di beri tanaman rumput. Untuk saluran drainase dibiarkan terbuka, sehingga saluran drainase ini mempunyai 2 fungsi, selain sebagai tempatnya masuknya air dari lapisan geokomposit, juga berfungsi untuk menampung air hujan.

B. Pelapisan dengan lapisan kedap air di bawah lantai

Pelapisan di bawah lantai dengan menggunakan lapisan kedap air bertujuan untuk mengurangi kelembaban bagian dalam gua yang ditimbulkan oleh kapiler air bawah tanah yang naik ke atas. Bahan kedap air yang digunakan adalah geomembran. Lapisan geomembran dapat mencegah kelembaban dari bawah tanah ke udara dalam gua, sehingga dapat mengurangi tingkat kelembaban dalam gua. Secara teknis, lapisan geomembran ini diletakkan di bawah lantai tanah dengan kedalam sekitar 15 cm. Setelah lapisan geomembran dipasang kemudian ditutup dengan tanah dan di rapihkan seperti sebelum dipasang

geomembran. Ini sebagai teknik kamuflase sehingga kondisi lantai kembali seperti kondisi aslinya.

Gambar 1. Skema aplikasi geosintetik dalam konservasi gua gajah

Gambar 2. Detail Posisi Geokomposit dan saluran air

Gambar 3. Detail Irisan Skema Geokomposit dan saluran pembuangan

5. Penanganan perkuatan Kala di pintu masuk.

Di depan pintu masuk terdapat kala, yang kondisi di bawah di topang oleh besi yang telah berkarat. Kondisi ini sangat membahayakan mengingat fungsi besi tersebut sebagai penompang kala. Untuk itu perlu dilakukan penggantian besi dengan besi yang baru dari bahan stainless dengan ukuran sama dengan besi yang terpasang. Teknis pemasangan besi stainless, mengingat kerawaanan jika besi lama dilepas Kepala Kala akan jatuh, sebelum dilepas perlu ditopang terlebih dahulu dengan menggunakan perancah. Sehingga pengambilan besi lama dan pemasangan besi stainless akan lebih mudah

Gambar 4. Rekayasa pengambilan besi dan pemasangan stainless di bawah Kala

6. Analisis dampak penggunaan lilin, dupa dan kemenyan

Gua gajah saat ini masih digunakan sebagai ibadah oleh pemeluk agama Hindu. Dalam melaksanakan ibadah menggunakan media dupa, kemenyan dan lilin. Berdasarkan hasil pengumpulan data yang telah dilakukan menunjukkan penggunaan media tersebut menimbulkan dampak bagi Gua gajah berupa lapisan hitam di relung-relung tempat arca, relung tanpa arca dan di beberapa dinding gua. Hasil Kajian yang telah dilakukan Yudi Suhartono, dkk pada tahun 2014, menunjukan bahwa penggunaan lilin, dupa dan kemenyan membawa dampak negatif di batu candi. Dampak negatif adalah dampak secara estetika berupa Gua gajah menjadi kotor karena lapisan hitam yang tersebar di berbagai tempat dan kotoran bekas aktifitas tersebut. Selain itu dampak negatif yang paling utama adalah . pembakaran dupa dan

lilin di dalam bangunan candi menjadi salah satu faktor pendukung pelapukan pada batu candi (Suhartono, dkk, 2014). Berdasar hal tersebut diperlukan pengaturan dalam penggunaan lilin, dupa dan kemenyan sehingga dapat mengurangi dampak negatif bagi kelestarian gua. Selain itu perlu dilakukan pembersihan terhadap bekas sisa pembakaran lilin, dupa dan kemenyan serta pembersihan lapisan hitam menggunakan bahan etanol meskipun bahan ini belum maksimal untuk mengembalikan seperti sedia kala sebelum terkena dampak.

7. Penanganan Mikroorganisme

Metode pembersihan mikroorganisme meliputi:

a. Pembersihan Mekanis Kering atau Dry Cleaning

Pembersihan ini dilakukan dengan menggunakan sikat ijuk, sikat nylon, solet bambu, dan sapu lidi untuk menghilangkan debu, sisa tanah, algae, moss, maupun tumbuhan tingkat tinggi seperti spermatophyta dan pteridophyta.

b. Pembersihan Mekanis Basah atau Wet Cleaning

Pembersihan basah dilakukan seperti dengan pembersihan mekanis kering tetapi ditambah dengan menggunakan air. Yang harus dihindari adalah penggunaan air bertekanan tinggi (steam cleaner) karena kondisi batuan yang memiliki kekerasan yang rendah (baik tanah Goa (bagian yang mengeras : + 2 skala mohs) maupun batu pada Petirtaan (2-3 skala mohs). Sasaran yang dibersihkan adalah sisa tanah, algae, moss dan lichen. Khusus lichen pada umumnya belum bisa bersih dalam pembersihan ini, maka perlu dilanjutkan dengan pembersihan menggunakan bahan kimia.

c. Pembersihan Kimiawi atau Chemical Cleaning

Pembersihan dengan menggunakan bahan kimia dimaksudkan untuk membersihkan mikroorganisme yang tidak dapat dibersihkan dengan cara mekanis kering maupun mekanis basah. Pembersihan lumut/moss pada waktu dahulu menggunakan Hyvar XI. Sedangkan pembersihan alga menggunakan Hyamin. Akan tetapi karena ada pembatasan penggunaan bahan kimia maka hyvar dan hyamin sudah tidak digunakan lagi. Jika dilihat dari kondisi lumut dan alga di batuan Gua dan Petirtaan, metode pembersihan mekanis kering dan mekanis basah sudah cukup untuk digunakan tanpa ditambah bahan-bahan kimia.

Sedangkan mikroorganisme jenis lumut kerak (lichen), bahan kimia yang digunakan adalah AC 322 yang

berbentuk pasta, kemudian dioleskan pada permukaan batu yang ditumbuhi lumut kerak dengan waktu kontak 24 jam. Obyek diusahakan dalam kondisi lembab selama 24 jam. Obyek kemudian dibersihkan dengan menggunakan air hingga air cucian mencapai pH netral dan obyek bebas dari lichen. Perlakuan diberikan secara selektif yaitu hanya pada obyek yang ditumbuhi lichen saja

d. Penggunaan minyak atsiri untuk membersihkan mikroorganisme

Penggunaan minyak atsiri untuk konservasi tradisional cagar budaya berbahan batu khususnya pembersihan mikroorganisme telah dikaji Balai Konservasi Borobudur (Wahyuni, dkk, 20015 dan Wahyuni, dkk, 2016). Berdasarkan hasil kajian dapat diketahui bahwa penggunaan minyak nilam, temu lawak dan minyak cengkeh efektif untuk mematikan mikroorganisme seperti algae, lumut dan lichen. Secara teknis langkah-langkah pembersihan tradisional meliputi: penyemprotan minyak atsiri ke mikroorganisme, dibiarkan selama 24 jam, hasil akan terlihat terjadi perubahan warna menjadi coklat, ini menunjukkan mikroorganisme seperti algae dan lumut telah mati. Setelah itu dibersihkan secara mekanis.

8. Analisis Keausan Batu Tangga Kolam Petirtaan

Gua Gajah merupakan salah satu destinasi pariwisata utama di Bali. Peningggalan kerajaan Bali kuna menarik perhatian ribuan wisatawan berkunjung ke situs ini. Banyaknya orang yang berkunjung dan menuruni kolam petirtaan ternyata meninggalkan jejak-jejak kerusakan pada batu tangga petirtaan. Jejak-jejak kerusakan tersebut di antaranya adanya keausan batu. Aktifitas pengunjung petirtaan yang bermacam-macam ternyata telah menyebabkan beberapa batu yang sering dilalui atau sering bersentuhan (kontak dengan pengunjung) menjadi aus atau rusak. Kerusakan tidak hanya pada tangga tetapi juga lantai petirtaan.

Kerusakan karena keausan tersebut tidak bisa dipelekan dan dipandang sebelah mata. Batu yang berkontak langsung dengan pengunjung berangsur-angsur akan menjadi aus dan rusak, hal ini selain mengurangi nilai arkeologis dan sejarah dari candi juga menyebabkan berkurangnya nilai estetis candi dalam kaitannya dengan konservasi. Untuk mencegah kerusakan lebih lanjut, perlu langkah-langkah penanganan di antara pelapisan tangga dan manajemen pengunjung.

Model pelapisan tangga sudah dilaksanakan di Candi Borobudur dan beberapa situs warisan dunia di berbagai Negara seperti Percandian Angkor (kamboja) dan Kuil Tien Tan Temple of Heaven (Cina) (Setyawan, dkk, 2010).

Untuk tangga Candi Borobudur dilapisi dengan kayu jati dan bantalan karet.

Foto 18. Pelapisan dengan kayu di Borobudur

Foto 19. Pelapisan dengan bantalan karet di Candi Borobudur

Foto 20. Pelapisan tangga di Angkor

Foto 21. Pelapisan tangga di Kuil Tien

gua gajah telah banyak mengalami keausan sehingga perlu dicarikan solusi penanganannya untuk mencegah kerusakan lebih lanjut. Solusi yang ditawarkan dalam kajian adalah melapisi tangga dengan kayu dan management pengunjung.

Dalam pelapisan batu tangga kolam petirtaan, pemilihan bahan dan metode pengerjaan didasarkan pada pertimbangan sebagai berikut :

1. Tidak bersifat merusak keaslian batu penyusun struktur tangga atau struktur asli lain di sekitarnya.
2. Mengutamakan prinsip keaslian bentuk, tata letak, pengerjaan, dan bahan.
3. Reversible (dapat dihilangkan kembali tanpa menyebabkan kerusakan).
4. Efektif dapat langsung digunakan untuk melapisi struktur tangga candi tanpa menggunakan alat bantu apapun.
5. Estetis atau selaras (tidak mengganggu pandangan dan selaras arsitektur candi).
6. Aman dan nyaman bagi pengunjung (Setyawan, dkk, 2010).

Selain pelapisan tangga kolam petirtaan, untuk mencegah lebih lanjut kerusakan pada kolam petirtaan perlu juga dilakukan management pengunjung dalam hal ini adalah pembatasan jumlah pengunjung menuju kolam petirtaan. Selain karena faktor keausan batu tangga, faktor keselamatan pengunjung karena kondisi kolam yang licin dapat menjadi dasar untuk membatasi atau melarang pengunjung masuk ke kolam petirtaan.

Pembatasan jumlah pengunjung ini juga bisa

diterapkan bagi wisatawan yang masuk ke dalam Gua Gajah. Pertimbangan melakukan pembatasan jumlah pengunjung karena gua gajah telah mengalami pelapukan karena berbagai faktor termasuk faktor usia Gua Gajah yang telah berusia ratusan tahun.

VI. Kesimpulan

1. Batuan penyusun Gua Gajah merupakan endapan hasil aktivitas vulkanik yang tersusun dari campuran abu vulkanik (atau tuf ketika mulai membatu) yang tersortasi sangat buruk bersama dengan batuapung lapili, yang umumnya memiliki fragmen litik yang tersebar. Batuan penyusun Gua Gajah merupakan endapan yang belum terkonsolidasi
2. Gua Gajah telah mengalami kerusakan dan pelapukan sehingga perlu penanganan konservasi untuk mempertahankan kelestariannya.
3. Penyebab utama proses pelapukan batuan gua gajah kemungkinan adalah proses fisis akibat kelembaban yang tinggi dan juga faktor biologis. Untuk itu perlu model penanganan konservasinya
4. Untuk mengurangi beban di atas gua perlu dilakukan Pembersihan lahan dari puing-puing, sampah, sisa pepohonan dan rumpat ilang. Selain perlu dipertimbangkan untuk menghilangkan vegetasi yang ada di atas gua, seperti pohon kelapa dan lain-lain. Hal ini perlu dilakukan mengingat akar-akarnya telah menimbus ke dinding gua dan akan mempercepat proses pelapukan gua.
5. Untuk mengurangi kelembaban gua, di bagian atas gua perlu dilapisi dengan lapisan kedap air. Ada dua alternatif bahan kedap yang di tawarkan. Pertama menggunakan mortar PC dengan perbandingan 1:2 (semen: pasir) yang ditambah siklatex. atau menggunakan mortal hidrolis dengan perbandingan 2:1:1 (pasir:bubukan bata:kapur). Jika menggunakan Mortar sebagai bahan pelapis memiliki kelemahan yaitu akan menambah beban bagian atas gua. Alternatif kedua adalah menggunakan bahan kedap air Geokomposit dan pembuatan saluran air. Alternatif kedua menguntungkan karena bahan geomembran beratnya ringan sehingga tidak akan menambah beban gua bagian atas.
6. Untuk mengurangi kelembaban yang disebabkan oleh kapiler air tanah, bagian bawah tanah perlu dilapisi dengan bahan kedap air geomembran.

7. Hasil kajian menunjukkan bahwa pertumbuhan mikroorganisme seperti algae, lumut dan lichen sangat tinggi terutama di pertirtaan. Jika dibiarkan lebih lama akan terjadi proses pelapukan secara biologis. Untuk mencegah terjadi pelapukan perlu dilakukan pembersihan terhadap mikroorganisme dengan cara mekanis basah dan kering dan penggunaan bahan tradisional seperti minyak atsiri untuk membantu mematikan pertumbuhan mikroorganisme.

8. Penanganan keausan batu tangga kolam petirtaan dalam bentuk pelapisan batu tangga dan lantai serta manajemen pengunjung.

VII. Saran

1. Kajian ini baru menampilkan model penanganan konservasi gua gajah. Sebelum melakukan penanganan secara fisik, perlu dilakukan pekerjaan DED (Detail Engineering Design) untuk menyusun secara detail rencana penanganan konservasi gua gajah.
2. Untuk menjaga kelestarian gua perlu dilakukan manajemen pengunjung dalam hal pengaturan dan pembatasan jumlah pengunjung yang masuk ke gua, mengingat gua telah berusia ratusan tahun dan telah mengalami proses pelapukan.
3. Pembatasan dan pengaturan pengunjung juga bisa diterapkan di kolam petirtaan mengingat kondisi tangga petirtaan telah mengalami proses keausan batu tangga.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim 2010. Undang-Undang Nomor 11 Tahun 2010 tentang Cagar Budaya.
- Hardiyatmo, Christady H. 2013. Geosintetik untuk rekayasa jalan raya: perancangan dan aplikasi. UGM Press. Yogyakarta.
- Kusmiati, Tjuk Nyak. Dkk. 1982. Laporan Pemugaran Peninggalan Sejarah dan Purbakala Bali dan Nusa Tenggara Barat. Proyek Pemugaran dan Pemeliharaan Peninggalan Sejarah dan Purbakala.
- Putra, I Gusti Ngurah. 2000. Laporan Kegiatan Konservasi Situs Gua Gajah, Desa Bedulu, Kec Blah Batu, Gianyar, Bali. Balai Pelestarian Peninggalan Purbakala Wilayah kerja Propinsi Bali, NTT dan NTB.
- Mulyana, Deddy, 2006 Metodologi Penelitian Kualitatif Paradigma Baru Ilmu Komunikasi dan Ilmu Sosial lainnya. Jakarta : Remaja Rosdakarya.
- Soesilo, Hendi, dkk. 2000. Laporan Studi Teknis Situs Gua Gajah, Kabupaten Gianyar, Propinsi Bali. Balai Konservasi Borobudur.
- Susila, I wayan dan I W.Gde Yadnya Tanaya. 2016. Laporan Kajian Pemanfaatan Situs Goa Gajah Sebagai Objek Daya Tarik Wisata Di Kabupaten Gianyar. Balai Pelestarian Cagar Budaya Wilayah kerja Propinsi Bali, NTT dan NTB.
- Setyawan, Hari, dkk. 2010. Kajian Perbaikan Tangga Candi Borobudur. Borobudur: Balai Konservasi Borobudur
- Suhartono, Yudi, dkk. 2014. Dampak Negatif Dupa Dan Lilin Terhadap Batu Candi. Borobudur: Balai Konservasi Borobudur.
- Suantra, I Made dan I Wayan Muliarse. 2006. Pura Pegunungan, Tirtha Empul dan Goa Gajah, Peninggalan Purbakala di aliran sungai Pakerisan dan Petanu. Balai Pelestarian Peninggalan Purbakala Wilayah kerja Propinsi Bali, NTT dan NTB.
- Wahyuni, Sri, dkk, 2015. Kajian Minyak Atsiri Untuk Konservasi Cagar Budaya Batu Tahap I. Borobudur: Balai Konservasi Borobudur
- Wahyuni, Sri, dkk, 2016 Kajian Minyak Atsiri Untuk Konservasi Cagar Budaya Batu Tahap II. Borobudur: Balai Konservasi Borobudur