

KONSERVASI MATERIAL KOIN PERAK TINGGALAN BUDAYA BAWAH AIR

SKRIPSI

**Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat mencapai
Gelar Sarjana Sains (S.Si) pada Program Studi Kimia
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Islam Indonesia
Yogyakarta**



Disusun oleh:

SITI SUNDARI

No. Mhs : 12612010

PROGRAM STUDI KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

YOGYAKARTA

2016

**KONSERVASI MATERIAL KOIN PERAK TINGGALAN
BUDAYA BAWAH AIR**

Oleh:

SITI SUNDARI
No. Mahasiswa: 12612010

Telah dipertahankan dihadapan Panitia Ujian Skripsi

Program Studi Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Islam Indonesia

Tanggal: 11 Oktober 2016

Dewan Penguji

Tanda Tangan

1. Prof. Riyanto, S.Pd., M.Si., Ph.D

2. Nahar Cahyandaru, M. Dip

3. Amri Setyawati, S.Si., M.Sc

4. Argo Khoirul Anas, S.Si., M.Sc

Mengetahui,

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Islam Indonesia



Drs. Allywar, M.Sc., Ph.D

PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

“Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam referensi. Apabila kemudian hari terbukti bahwa pernyataan ini tidak benar, maka saya sanggup menerima hukuman atau sanksi apapun sesuai peraturan yang berlaku.”

Yogyakarta, 20 Oktober 2016



Penulis

Siti Sundari

HALAMAN PERSEMBAHAN



Karya ini saya persembahkan kepada Bapak dan Ibu tercinta yang selalu memberikan cinta dan kasih sayang kepada, kepada Kakakku tercinta, keluarga besar dan semua sahabatku atas dukungannya selama ini.

DAN UNTUK KALIAN YANG SELALU ADA DALAM PENULISAN INI

LAYAKNYA SECANGKIR KOPI

YANG MEMBERI SEMANGAT DI PAGI HARI

Terima kasih.....

MOTTO

“Sesungguhnya bersama kesulitan pasti ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai (dari suatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain)”
(QS 94:6-7)

“Sedikit pengetahuan yang diterapkan jauh lebih berharga ketimbang banyak pengetahuan yang tak dimanfaatkan” (Kahlil Gibran)



KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb.

Segala puji milik Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Shalawat serta salam senantiasa tercurah kepada nabi besar Muhammad SAW yang telah membawa kita dari zaman kebodohan ke zaman yang lebih cerdas, dan para keluarga, sahabat serta umatnya yang tetap istiqomah mengajarkan dan menegakkan risalahnya.

Skripsi yang berjudul **“Konservasi Material Koin Perak Tinggalan Budaya Bawah Air”** ini disusun untuk memenuhi persyaratan untuk mencapai gelar Sarjana Sains (S.Si) Program Studi Kimia Universitas Islam Indonesia. Keberhasilan penelitian dan penulisan penelitian skripsi ini tidak lepas dari fasilitas dan bimbingan oleh berbagai pihak. Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang senantiasa memberikan rahmat, nikmat, petunjuk dan karunia-Nya serta memberikan perlindungan, kemudahan serta kesabaran dalam setiap pekerjaan sehingga dapat menyelesaikan penelitian skripsi dan penulisan skripsi ini dengan sebaik-baiknya.
2. Bapak, Ibu, Kakak serta Keluarga tercinta yang senantiasa memberikan kasih sayang, doa dan dukungan sehingga penulis dapat menjalani penelitian, penyusunan proposal dan penyusunan Skripsi ini dengan baik.
3. Bapak Drs. Allwar, M.Sc., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia.

4. Bapak Prof. Riyano, S.Pd., M.Si., Ph.D. selaku pembimbing I yang telah memberikan bimbingan dan arahan serta motivasi selama penelitian, penyusunan proposal dan penyusunan Skripsi.
5. Bapak Nahar Cahyandaru M.Dip, selaku pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan arahan serta motivasi selama penelitian, penyusunan proposal dan penyusunan skripsi.
6. Segenap laboran di Balai Konservasi Borobudur yang telah membantu dan memberikan arahan hingga penelitian selesai.
7. Teman seperjuangan dalam melakukan penelitian, dan penyusunan skripsi serta sahabat-sahabat lainnya yang telah memberikan semangat dan doanya.
8. Semua pihak yang telah membantu yang tidak dapat disebut namanya satu-persatu.

Penulis meyakini bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna karena masih banyak kekurangan yang ada pada penulis. Semoga laporan skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan pembaca umumnya.

Yogyakarta, 10 Oktober 2016

Penulis

Siti Sundari

KONSERVASI MATERIAL KOIN PERAK TINGGALAN BUDAYA BAWAH AIR

INTISARI

Siti Sundari
NIM 12612010

Telah dilakukan penelitian konservasi pada material koin perak tinggalan budaya bawah air. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan mengkarakterisasi permukaan korosi serta mendeaktivasi korosi pada material koin perak tinggalan budaya bawah air. Konservasi ini dilakukan dalam tiga tahap, tahap pertama identifikasi pelapukan, tahap kedua analisis dan karakterisasi permukaan obyek korosi menggunakan *Handy Microscope*, *X-Ray Diffraction*, *X-Ray Fluorescence* dan *Scanning Electron Microscopy*. Tahap ketiga pasivasi atau deaktivasi proses korosi.

Hasil dari identifikasi material koin perak pada penelitian ini adalah koin perak mengalami korosi pasif. Karakterisasi menggunakan *Handy Microscope* pada obyek terlihat adanya patina warna hijau, putih, hitam dan cokelat. Hasil dari XRD pada korosi koin perak menunjukkan adanya puncak 2θ pada $32,2^\circ$ dan $46,2^\circ$ yang merupakan puncak dari chlorargyrite. Dari hasil analisis menggunakan XRD mineral jalpaite yang merupakan mineral terbesar. Anatase adalah salah satu dari tiga mineral bentuk titanium oksida, dua lainnya adalah brookite dan rutil. Pada pola XRD ditunjukkan oleh puncak difraksi yang kuat pada 25° dan 48° yang menunjukkan TiO_2 dalam fase anatase. Selain itu juga terdapat mineral lainnya seperti Quartz, Stromeyerite, Briartite, Akermanite, Pyrrhotite 3T, Magnetite dan Maghemite. Dari hasil XRF terlihat adanya unsur terbesar pada patina hitam yaitu perak dengan kadar 67,22% sedangkan pada patina putih unsur terbesarnya adalah kalsium dengan kadar 39,95%. Hasil dari SEM tampak dari depan dari lapisan tipis korosi koin perak dengan perbesaran 50, 1000, 2000 dan 5000 kali dapat dilihat dengan jelas adanya rongga-rongga dan kerusakan pada material koin perak tinggalan budaya bawah air. Deaktivasi atau pasivasi menggunakan larutan 5% Na_2CO_3 dengan pH 11-13 terbukti dapat menghilangkan konkresi dan korosi pada objek material koin perak tinggalan budaya bawah air. Penggunaan jeruk nipis dan soda kue sebagai bahan perawatan koin perak terbukti sangat bermanfaat menghindari proses korosi. Perawatan ini dimaksudkan untuk memperlambat kerusakan koin perak.

Kata kunci: konservasi, koin perak, tinggalan bawah air, jeruk nipis

CONSERVATION OF SILVER COINS MATERIALS UNDERWATER HERITAGE

ABSTRACT

Siti Sundari
NIM 12612010

The research on conservation of silver coins materials underwater heritage has been done. This research aims to identify and characterize the surface corrosion and deactivation or passivation process of corrosion the silver coins materials underwater heritage. This conservation has been done in three steps, the first stage was identification of weathering, the second stage was the analysis and characterization of the objects surface corrosion using Handy Microscope, X-Ray Diffraction, X-Ray Fluorescence and Scanning Electron Microscopy. The three stage was passivation or deactivation process of corrosion.

The results of the identification of weathering in this research was a silver coins passive corrosion. Characterization using Handy Microscope on the object seen their patina green, white, black and brown. The results of XRD on corrosion of the silver coin shows the peak 2θ at 32.2° and 46.2° which is the culmination of chlorargyrite. From the analysis using XRD mineral jalpaite which is the biggest mineral. Anatase is one of the three mineral form of titanium oxide, the other two being brookite and rutile. In the XRD pattern indicated by a strong diffraction peak at 25° and 48° which shows TiO_2 in the anatase phase. There are also other minerals such as quartz, Stromeyerite, Briartite, Akermanite, Pyrrhotite 3T, Magnetite and maghemite. From the results of XRF seen the biggest element in a black patina that silver grading 67.22% while the white patina biggest element is the calcium content of 39.95%. Results of SEM visible from the front of a thin layer of corrosion of silver coins with a magnification of 50, 1000, 2000 and 5000 times can be seen clearly their cavities and damage to the silver coins of cultural material under water. Deactivation or passivation using a 5% solution of Na_2CO_3 with a pH of 11-13 is proven to eliminate concretions and corrosion on objects of cultural material silver coins under water. The use of lemon juice and baking soda as an ingredient silver coins treatment proved to be very helpful to avoid corrosion process. This treatment is intended for slowing the deterioration of silver coins.

Keywords: conservation, silver coins, remains under water, lime

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
KATA PENGANTAR.....	vi
INTISARI	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
BAB II DASAR TEORI.....	6
2.1 Dasar Pelaksanaan Konservasi	6
2.2 Konsep Konservasi Sumberdaya Arkeologi Laut	7
2.3 Konservasi Tinggalan Budaya Bawah Air Berbahan Logam Perak.....	8
2.4 X-Ray Diffraction (XRD)	13
2.5 X-Ray Fluorescence (XRF)	15
2.6 Scanning Electron Microscopy (SEM)	18
2.6 Jeruk Nipis	20
BAB III TINJAUAN PUSTAKA	21
BAB IV METODE PENELITIAN	25
4.1 Bahan	25
4.2 Alat	25
4.3 Cara Kerja	26
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	28
5.1 Hasil Identifikasi Pelapukan Material Koin Perak Tinggalan	

Budaya Bawah Air.....	28
5.2 Analisis dan Karakterisasi Permukaan Korosi Material Koin Perak	
Tinggalan Budaya Bawah Air	30
5.2.1 Analisis dan Karakterisasi Permukaan Objek Tinggalan Budaya	
Bawah Air Menggunakan Handy Microscope	30
5.2.2 Analisis dan Karakterisasi Permukaan Objek Tinggalan Budaya	
Bawah Air Menggunakan XRD	31
5.2.3 Analisis dan Karakterisasi Permukaan Objek Tinggalan Budaya	
Bawah Air Menggunakan XRF	37
5.2.4 Analisis dan Karakterisasi Permukaan Objek Tinggalan Budaya	
Bawah Air Menggunakan SEM.....	39
5.3 Pasivasi atau Deaktifasi Korosi Material Koin Perak Tinggalan	
Budaya Bawah Air	41
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....	50
6.1 Kesimpulan	50
6.2 Saran	51
DAFTAR PUSTAKA	52
LAMPIRAN-LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

1. Gambar 1. Skema peralatan XRD	13
2. Gambar 2. Proses terbentuknya sinar X.....	17
3. Gambar 3. Bagan Alat XRF	18
4. Gambar 4. Skema prinsip kerja SEM.....	19
5. Gambar 5. Korosi pada permukaan material koin perak.....	29
6. Gambar 6. Patina yang di peroleh dari material koin perak.....	30
7. Gambar 7. Korosi pada material perak (A) patina warna hijau, putih dan hitam, (B) patina warna cokelat	31
8. Gambar 8. Spektra XRD pada patina hitam.....	32
9. Gambar 9. Puncak difraksi dari chlorargyrate	32
10. Gambar 10. Puncak XRD dari koin Carlino	33
11. Gambar 11. Spektra sinar X dari anatase TiO_2	33
12. Gambar 12. Hasil pola difraksi pasir Bancar, Tuban	34
13. Gambar 13. Spektrum XRD dengan a (akermanite), c (cristobalite) Dan d (diopside).....	34
14. Gambar 14. Spektra XRD pada magnetite	35
15. Gambar 15. Spektra XRD dari sampel maghemite	35
16. Gambar 16. Hasil karakterisasi koin perak dengan SEM perbesaran 50 kali	39
17. Gambar 17. Hasil karakterisasi koin perak dengan SEM perbesaran 1000 kali	40
18. Gambar 18. Hasil karakterisasi koin perak dengan SEM perbesaran 2000 kali	40
19. Gambar 19. Hasil karakterisasi koin perak dengan SEM Perbesaran 5000 kali	41
20. Gambar 20. Proses perendaman koin perak dengan larutan natrium karbonat 5%	42
21. Gambar 21. Hasil setelah perendaman dan pembersihan dengan air dan akuades	44

22. Gambar 22. Campuran air jeruk nipis dengan soda kue (a), campuran asam sitrat dengan soda kue (b)	45
23. Gambar 23. Proses penempelan pasta (air jeruk nipis ditambah soda kue) pada kelompok koin A (a), proses penempelan pasta (asam sitrat ditambah soda kue) pada kelompok koin B (b)	45
24. Gambar 24. Koin kelompok A dan kelompok B setelah penempelan pasta	48
25. Gambar 25. Koin sebelum (a) dan sesudah (b) konservasi	48
26. Gambar 26. Koin sebelum (a) dan sesudah (b) konservasi	48
27. Gambar 27. Hasil akhir pembersihan logam perak menggunakan larutan buah lerak (a), menggunakan pasta (air jeruk nipis + soda kue) (b)	49



DAFTAR TABEL

1. Tabel 1. Karakterisasi serbuk korosi menggunakan XRF.....	38
2. Tabel 2. Identifikasi koin perak sebelum dan sesudah perendaman selama satu minggu	43
3. Tabel 3. Karakterisasi permukaan koin sebelum dan sesudah deaktivasi menggunakan XRF pada koin A.....	46
4. Tabel 4. Karakterisasi permukaan koin sebelum dan sesudah deaktivasi menggunakan XRF pada koin B	47



DAFTAR LAMPIRAN

1. Lampiran 1. Dokumentasi proses konservasi 56
2. Lampiran 2. Data hasil X-ray Flourescence serbuk korosi putih dari koin perak tinggalan bawah air 57
3. Lampiran 3. Data hasil X-ray Flourescence permukaan korosi koin perak tinggalan bawah air sesudah dipasivasi 57



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Negara Indonesia memiliki letak yang sangat strategis yaitu berada diantara dua benua dan dua samudra, yaitu diantara benua Asia dan Australia, dan diantara samudra Hindia dan samudra Pasifik. Selain itu, Indonesia juga merupakan negara kepulauan terbesar di dunia yang memiliki wilayah laut lebih luas dibandingkan wilayah daratan. Terbukti dari keseluruhan luas wilayah Indonesia yang terbentang sepanjang 3.977 mil antara Samudra Hindia dan Samudra Pasifik, 75% adalah laut (Mufsi, 2014). Letak yang sangat menguntungkan ini ditunjang pula dengan tersedianya sumber daya alam yang berlimpah ruah. Hal ini menjadi daya tarik tersendiri bagi orang asing untuk singgah ke daerah-daerah seluruh nusantara. Terutama kapal asing yang datang dan keluar Indonesia sejak zaman dahulu hingga sekarang ini. Perairan Indonesia menjadi ramai dilalui kapal-kapal yang hilir mudik baik asing maupun domestik dengan tujuan yang berbeda-beda dan beragam muatan. Kapal-kapal berlayar dari wilayah Mediterania, India, dan Afrika menuju bandar-bandar di perairan Nusantara untuk mencari rempah-rempah, kapur barus maupun emas di Pulau Sumatra (Turner, 2011).

Wilayah Indonesia yang berada diantara dua samudra ini berpotensi tinggi dengan peninggalan kapal tenggelam. *National Geographic* tahun 2001 telah menuliskan tentang 7 kapal kuno yang tenggelam di perairan Indonesia yaitu kapal Inggris (Diana), kapal Cina (Tek Sing, Turiang), kapal Belanda (Nasau,

Geldernmmalsen), kapal Portugis (Don Duarte de Guerrera), dan kapal Jepang (Ashigara). Kapal ini berada dari abad 17 hingga 20. Menurut dugaan sementara ini bahwa kapal-kapal yang tenggelam ini berada di perairan Indonesia bagian barat, terutama di sekitar perairan Selat Malaka. Bila dibandingkan dengan perkiraan yang dikemukakan sejumlah pihak maka jumlah kapal yang tenggelam ini masih berada pada jumlah yang sangat kecil. Tulisan Lestari (2009) menyebutkan ada 186 kapal VOC yang tenggelam di perairan Indonesia. Demikian pula catatan dalam Arsip Organisasi Arkeologi di Belanda menuliskan sebanyak 245 kapal VOC. Selanjutnya Badan Riset Kelautan dan Perikanan, LIPI, Dishidros TNI AL dan Litbang Oceanologi memperkirakan 463 lokasi kapal yang karam di perairan Indonesia. Data dan informasi ini sangat disadari bahwa masih harus memerlukan penelitian lebih jauh untuk membuktikan kebenarannya (Lestari, 2009).

Arus transportasi laut yang tinggi memungkinkan kawasan nusantara menyimpan kekayaan peninggalan dari masa lampau dibawah laut. Kekayaan bawah laut yang berupa kapal tenggelam (*shipwreck*) beserta muatannya berjumlah sangat banyak dan tersebar diberbagai lokasi baik yang belum di ketahui maupun yang sudah diketahui. Selain kapal tenggelam, lautan Indonesia juga menyimpan kekayaan peninggalan bawah laut lainnya misalnya pesawat yang jatuh dan sisa-sisa perang lainnya. Material penyusun peninggalan bawah air juga sangat bervariasi, mulai dari kayu, logam, keramik dan material lainnya (Cahyandaru, 2011).

Tinggalan bawah air memiliki nilai penting bagi sejarah, kebudayaan dan ilmu pengetahuan sehingga dapat ditetapkan sebagai cagar budaya. Pelestarian cagar budaya tinggalan bawah air sangat penting untuk dilakukan karena tingginya nilai penting cagar budaya tersebut serta umumnya telah mengalami kerusakan dan pelapukan. Karena itulah diperlukan tindakan konservasi. Konservasi menjadi bagian yang penting dalam penelitian arkeologi. Permasalahan yang ada akan semakin kompleks pada tinggalan bawah air seperti pada sungai atau laut (Agung, *et al.*, 2013).

Salah satu dari tinggalan bawah air adalah koin berbahan perak. Koin tinggalan bawah air ini biasanya ditemukan pada kapal yang tenggelam pada masa lampau. Penanganan koin bawah air yang ditemukan di laut merupakan yang paling sulit dari koin bawah air yang ada, karena koin akan terkena pengaruh dari garam terlarut maupun endapan karang yang dapat mempercepat kerusakan dan pelapukan. Selain itu koin yang ditemukan tidak selalu dalam keadaan yang utuh, untuk itu diperlukan penanganan yang tepat untuk menyelamatkan koin bawah air dari kerusakan dan pelapukan yaitu dengan tindakan konservasi.

Penelitian ini menguji aspek metalurgi dan melakukan konservasi artefak koin logam di Balai Konservasi Borobudur Magelang Jawa Tengah. Koin perak ini merupakan kiriman dari Direktorat Pelestarian Cagar Budaya dan Pemuseuman Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Indonesia yang diambil dari bangkai kapal tenggelam yang berada di laut Jawa.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana hasil identifikasi korosi pada koin perak tinggalan budaya bawah air?
2. Bagaimana hasil karakterisasi permukaan objek dan permukaan korosi pada material koin perak tinggalan budaya bawah air dengan menggunakan *handy mikroskop*, *X-Ray Diffraction (XRD)*, *X-Ray Fluorescence (XRF)* dan *Scanning Electron Microscop (SEM)*?
3. Bagaimana cara mempasivasi atau mendeaktivasi proses korosi pada koin perak tinggalan budaya bawah air?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui hasil identifikasi korosi pada material koin perak tinggalan budaya bawah air.
2. Mengetahui hasil karakterisasi permukaan objek dan permukaan korosi pada material koin perak tinggalan budaya bawah air dengan menggunakan *handy mikroskop*, XRD, XRF, dan SEM.
3. Mengetahui cara untuk mempasivasi atau mendeaktivasi proses korosi pada koin perak tinggalan budaya bawah air.

1.4 Manfaat penelitian

1. Memberikan informasi tentang hasil dari identifikasi korosi material koin perak tinggalan budaya bawah air.
2. Memberikan informasi tentang hasil analisis permukaan objek dan permukaan korosi pada material koin perak tinggalan budaya bawah air dengan menggunakan *handy mikroskop*, XRD, XRF, dan SEM.

3. Memberikan informasi tentang cara untuk mempasivasi/mendeaktivasi proses korosi pada material koin perak tinggalan budaya bawah air.



BAB II

DASAR TEORI

2.1 Dasar Pelaksanaan Konservasi

Dasar pelaksanaan penanganan konservasi di Indonesia saat ini mengacu pada Undang-Undang Nomor 11 tahun 2010 tentang Cagar Budaya. Undang-Undang yang baru tersebut memuat regulasi tentang cagar budaya, dan cagar budaya bawah air dinyatakan sebagai bagian dari cagar budaya. Oleh karena itu Undang-Undang tersebut dapat menjadi acuan dasar dalam pelestarian cagar budaya bawah air. Pasal 76 UU No. 11 tahun 2010 tentang pemeliharaan menyebutkan sebagai berikut:

1. Pemeliharaan dilakukan dengan cara merawat Cagar Budaya untuk mencegah dan menanggulangi kerusakan akibat pengaruh alam dan atau perbuatan manusia.
2. Pemeliharaan Cagar Budaya sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dapat dilakukan dilokasi asli atau ditempat lain, setelah lebih dahulu didokumentasikan secara lengkap.
3. Perawatan sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dilakukan dengan pembersihan, pengawetan dan perbaikan atas kerusakan dengan memperhatikan keaslian bentuk tata letak, gaya, bahan dan atau teknologi Cagar Budaya.
4. Perawatan Cagar Budaya sebagaimana dimaksud pada ayat (3) yang berasal dari air harus dilakukan sejak proses pengangkatan sampai ketempat penyimpanannya dengan tata cara khusus.

5. Pemerintah dan Pemerintah Daerah dapat mengangkat atau menempatkan juru pelihara untuk melakukan perawatan Cagar Budaya.
6. Ketentuan lebih lanjut mengenai Pemeliharaan Cagar Budaya diatur dalam Peraturan Pemerintah.

Penjelasan UU No. 11 Tahun 2010 Pasal 76 ayat (1)

Yang termasuk dalam konteks kerusakan adalah deteriorasi (*deterioration*), yaitu fenomena penurunan karakteristik dan kualitas Benda Cagar Budaya, baik akibat faktor fisik (misalnya air, api, dan cahaya), mekanis (misalnya retak dan patah), kimiawi (misalnya asam keras, dan basa keras), maupun biologis (misalnya jamur, bakteri, dan serangga).

2.2 Konsep Konservasi Sumberdaya Arkeologi Laut

Menurut U.S. Congress (1987), konservasi dalam konteks sumber daya arkeologi laut adalah penanganan dengan melakukan dokumentasi, analisis, pembersihan dan stabilisasi terhadap suatu objek untuk melindungi material pembentuknya dan mencegahnya bereaksi dengan lingkungan yang bersifat merugikan setelah obyek tersebut ditemukan. Suatu temuan obyek bawah laut tidak dapat diekskavasi apabila belum dilakukan perencanaan konservasi yang tepat terhadap material yang ditemukan tersebut.

Upaya pelestarian sumberdaya arkeologi laut tergantung kepada teknologi maju dan seringkali sangat mahal. Konservasi dan perlindungan terhadap sumberdaya arkeologi laut, terutama yang berada di bawah laut, cenderung mahal dan membutuhkan pengetahuan dan fasilitas yang khusus, disamping itu juga

rumit dan membutuhkan waktu yang lama. Logam, kayu dan bahan organik lainnya seperti kulit atau kain seketika akan mulai hancur ketika bersentuhan dengan udara setelah tersimpan lama dibawah laut atau terkubur sedimen. Bahan-bahan tersebut harus segera dimasukkan kembali kedalam air dengan tangki, atau dikemas khusus dalam keadaan basah (*wet-packed*) pada saat diangkut ke tempat fasilitas konservasi yang permanen (U.S. Congress, 1987). Konservasi merupakan bagian tak terpisahkan dari setiap penelitian terhadap sumberdaya arkeologi laut, terutama karena temuan di bawah laut membutuhkan perlakuan konservasi yang khusus (Khalil dan Mustafa, 2002).

2.3 Konservasi Tinggalan Budaya Bawah Air Berbahan Logam Perak

Logam merupakan material yang mudah mengalami korosi, sehingga peninggalan logam bawah air umumnya juga ditemukan dalam keadaan yang telah mengalami korosi. Pengaruh air laut pada proses korosi logam sangat signifikan sehingga laju korosi peninggalan bawah air logam jauh lebih cepat dibanding cagar budaya logam di darat.

A. Kimia Logam

Menurut Achmad (2001), logam adalah unsur yang jumlah elektron di kulit terluar atomnya lebih kecil atau sama dengan nomor periode. Hampir empat per lima dari unsur-unsur adalah logam yang gaya ikatnya disebabkan adanya elektron-elektron yang terdelokalisasi. Derajat kohesi besar sebagai akibat dari elektron-elektron yang terdelokalisasi menyebabkan logam memiliki titik leleh, titik didih, dan kerapatan yang tinggi. Dan terjadinya

mobilitas elektron valensi menyebabkan logam mempunyai daya hantar listrik serta panas yang baik.

Dibandingkan dengan material lain logam memiliki sifat khas, yang tidak dimiliki oleh material lain. Sifat-sifat tersebut adalah:

- a. Liat (dapat ditempa/ ditarik)
- b. Penghantar listrik/ panas
- c. Mengkilap
- d. Dapat dilebur
- e. Dapat dibuat paduan
- f. Dapat mengalami korosi

Adanya sifat-sifat tersebut menjadikan logam sebagai material yang banyak digunakan dalam peradaban manusia sejak zaman dahulu hingga sekarang. Logam merupakan unsur yang menempati jenis terbanyak dari semua unsur yang ada di permukaan bumi. Sebagian diantaranya dapat dijumpai secara langsung dalam bentuk logam secara alami (*native ores*), ada juga yang berada dalam senyawa yang disebut bijih yang dapat diolah menjadi logam. Kelimpahan logam sangat bervariasi, mulai dari besi yang merupakan unsur utama penyusun kerak bumi sampai unsur yang keberadaannya sangat sedikit seperti logam-logam radioaktif (Cahyandaru, 2011).

Dari sudut pandang kimia logam dikelompokkan berdasarkan kecenderungannya dalam melepas elektron. Logam merupakan unsur yang kelebihan elektron, sehingga untuk mencapai kestabilannya cenderung melepas elektron. Sebagai senyawa, logam akan mengadakan ikatan ionik dengan

melepaskan elektron membentuk ion bermuatan positif (kation). Sifat kelebihan elektron ini yang juga memungkinkan logam berdiri sendiri tanpa membentuk senyawa dengan ikatan logam (Cahyandaru, 2011).

B. Korosi Logam

Permukaan logam umumnya mengalami oksidasi ketika berada di udara pada temperatur ruang dan membentuk lapisan oksida sangat tipis (lapisan kusam). Korosi “kering” ini sangat terbatas dan hanya merusak sebagian kecil permukaan logam. Namun pada temperatur tinggi, hampir semua logam dan paduan bereaksi dengan lingkungan sekitarnya dengan laju yang cukup tinggi dan membentuk lapisan oksida tebal (kerak) yang tidak bersifat melindungi. Pada korosi “basah” atau korosi berair terjadi serangan elektrokimia karena adanya air dan dapat merusak permukaan logam serta menjadi penyebab berbagai permasalahan di semua cabang industri (Pinem, 2005).

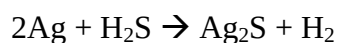
Menurut Vlack and Lawrence (1991) dalam Bayuseno (2009), NACE (*National Association of Corrosion Engineer*) mendefinisikan korosi sebagai penurunan mutu suatu material (biasanya baja) atau sifat-sifatnya yang diakibatkan oleh reaksi dengan lingkungannya. Dan menurut Cahyandaru (2011), peristiwa korosi paling banyak terjadi pada logam besi karena hasil oksidasi besi menghasilkan besi oksida yang porous dan menyebabkan reaksi korosi lebih lanjut. Hal ini berbeda dengan logam seng, timah, maupun timbal yang walaupun lebih mudah mengalami korosi, hasil oksida korosinya akan menutupi permukaan sehingga korosi lebih lanjut tidak terjadi. Lain pula

dengan tembaga, perunggu, dan paduannya yang berbahan dasar tembaga. Korosi yang terjadi menyebabkan terbentuknya dua lapisan oksida.

C. Korosi Logam Perak Bawah Air

Perak adalah logam mulia yang sangat dan sering ditemukan dalam keadaan asli yang dikombinasikan dengan emas, timah, tembaga, dan platinum. Perak stabil dalam larutan pH apapun selama oksidator atau kompleksasi zat tidak bereaksi. Selain itu, perak tidak mudah terpengaruh oleh udara kering atau basah yang bebas dari ozon, halogen, amonia, dan senyawa belerang (Pourbaix 1966; Plenderleith dan Werner 1971). Perak sangat rentan terhadap efek sulfida radikal. Hal ini dapat ditunjukkan oleh pembentukan noda pada objek perak yang terkena sulfur dalam bentuk apapun, terutama hidrogen sulfida dan sulfur dioksida, yang dapat mengkonversi ke asam sulfat.

Dalam lingkungan laut, dengan kelimpahan sulfat terlarut dan mengkonsumsi oksigen, merusak bahan organik, sulfat mengurangi bakteri menggunakan sulfat yang tersedia dalam kondisi anaerob untuk membentuk sulfida hidrogen sebagai produk metabolisme. Hidrogen sulfida bereaksi dengan perak untuk membentuk sulfida perak.



Dalam lingkungan laut anaerobik, perak sulfida (Ag_2S) adalah senyawa yang paling umum berubah dari mineral perak (North dan MacLeod, 1987). Hal ini dilaporkan dari bangkai kapal di Karibia dan Australia yang merupakan senyawa korosi paling umum pada objek perak dari situs kelautan. Kebanyakan artefak laut berbahan perak ditemukan memiliki lapisan

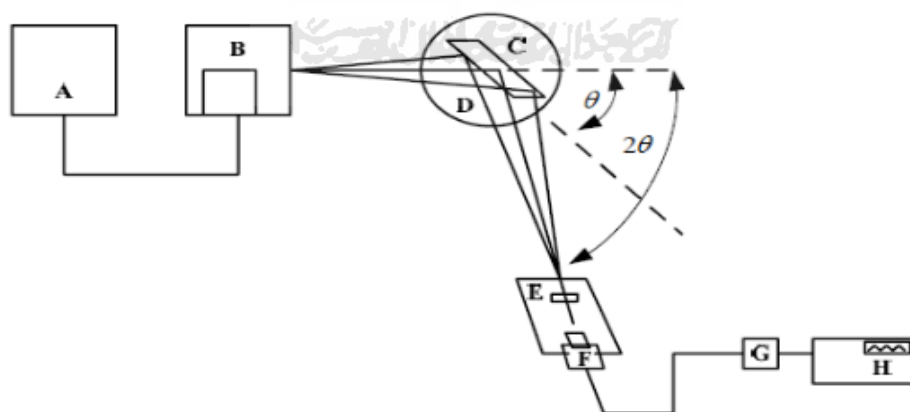
permukaan sulfida tipis seperti prasasti, tanda, dan peranko. Sebagian besar dari artefak, sepenuhnya dikonversi kesulfida; selain itu hanya memiliki sedikit logam yang tersisa.

Dalam lingkungan laut aerobik, produk korosi yang paling sering ditemui pada paduan perak dan perak adalah perak bromida (AgBr). Jumlah yang bervariasi dari perak klorida (AgCl) dan perak sulfida (Ag_2S) juga dapat ditemukan (North dan MacLeod 1987). Dalam situs di mana kondisi bervariasi antara aerobik dan anaerobik, kombinasi dari semua produk perak korosi utama kemungkinan akan hadir (North dan MacLeod, 1987). Dalam kasus benda perak yang relatif murni, perak sulfida (Ag_2S) dan perak klorida (AgCl) akan mendominasi. Dalam kasus paduan dasar perak dengan jumlah yang signifikan dari tembaga, tembaga akan menimbulkan korosi istimewa dan membentuk oksida tembaga, tembaga karbonat, dan tembaga klorida. Dalam kasus tersebut, objek paduan perak harus diperlakukan seolah-olah itu tembaga.

Terlepas dari apa produk korosi perak terbentuk, semua stabil dan tidak mengambil bagian dalam reaksi korosif lebih lanjut dengan perak tersisa. Bahkan, lapisan korosi memberi beberapa perlindungan terhadap korosi lebih lanjut untuk logam. Mereka juga sering memberikan patina, yang sering diinginkan dan sengaja diawetkan. Satu-satunya alasan untuk menangani perak adalah untuk menghilangkan lapisan korosi untuk mengungkapkan detail, untuk alasan estetika, untuk mengurangi produk mineral kembali ke keadaan logam, dan untuk menghapus klorida dari bagian komponen tembaga paduan dasar perak.

2.4 X Ray Diffraction (XRD)

XRD merupakan instrumen yang digunakan untuk mengidentifikasi material kristalit maupun non kristalit dengan memanfaatkan radiasi gelombang elektromagnetik sinar X. Prinsip dasar XRD adalah difraksi sinar X yang terjadi pada hamburan elastik foton-foton sinar X oleh atom dalam sebuah kisi periodik. Sinar X merupakan radiasi elektromagnetik yang dihasilkan dari penembakan logam dengan elektron berenergi tinggi dan memiliki panjang gelombang antara 0,5 sampai 2,5 Å serta energi foton sebesar $1,2 \times 10^3$ sampai $2,4 \times 10^5$ eV (Anonim, 2016). Berkas sinar X yang berinteraksi dengan suatu material akan diabsorpsi serta ditransmisikan, dan sebagian lagi dihamburkan. Hamburan terdifraksi ini akan dideteksi oleh XRD. Hamburan sinar dihasilkan oleh elektron logam yang ditembak dengan elektron-elektron berkecepatan tinggi dalam tabung hampa udara (Atkins, 1999).



Gambar 1. Skema peralatan XRD

Gambar 1. Menunjukkan skema peralatan XRD, tahap preparasi pertama yang dilakukan adalah menempatkan sampel (C) pada titik fokus hamburan sinar X,

yaitu di tengah *plate* (D). Plate merupakan sebuah plat tipis yang berlubang berukuran sesuai dengan sampel dengan perekat pada sisi baliknya. Generator tegangan tinggi pada bagian X ray tube (A) memiliki fungsi sebagai pembangkit daya penghasil sinar X. Sinar X diarahkan menuju permukaan sampel. Saat berkas sinar X didifraksikan oleh sampel, elektron pada kulit terluar akan tereksitasi dan menyebabkan elektron yang hilang akan menempati daerah yang memiliki energi lebih tinggi selama transisi pancaran radiasi sinar X terjadi. Sinar X ini akan dihamburkan melalui celah (E) dan ditangkap oleh detektor (F) yang kemudian diterjemahkan dalam bentuk kurva terhadap jarak antara bidang d yang menggambarkan puncak intensitas sinar X pada sudut tertentu (Anonim, 2016).

Kondisi refleksi sinar X dirumuskan dalam persamaan yang dikenal sebagai Hukum Bragg. Persamaan Bragg menyatakan bahwa lintasan berkas difraksi sinar X harus merupakan panjang gelombang dan nilai sudut difraksi θ yang berbanding terbalik dengan nilai jarak d (jarak antar bidang) dalam kristal. Hukum Bragg ditulis dalam persamaan sebagai berikut:

$$n\lambda = 2d \sin \theta$$

Keterangan: n adalah bilangan bulat 1, 2, 3, dan seterusnya, λ adalah panjang gelombang sinar X, d adalah jarak antar bidang dan θ adalah sudut difraksi.

Persamaan Bragg menjelaskan jika seberkas sinar X ditembakkan pada sampel kristal, maka bidang kristal akan membiaskan sinar X yang memiliki panjang gelombang sama dengan jarak antar kisi dalam kristal tersebut. Sinar yang dibiaskan akan ditangkap oleh detektor kemudian diterjemahkan sebagai puncak difraksi. Setiap puncak yang muncul pada pola XRD mewakili satu bidang

kristal yang memiliki orientasi tertentu dalam sumbu tiga dimensi. Puncak-puncak yang didapatkan dari data pengukuran ini kemudian dicocokkan dengan standar difraksi sinar untuk hampir semua jenis material.

Bentuk data yang keluar dari difraktometer dapat berupa data analog atau digital. Rekaman data analog berupa grafik bergaris yang terekam permenit dengan detektor dalam sudut 2θ permenit, sehingga sumbu X ekuivalen dengan sudut 2θ . Pola difraktogram yang dihasilkan berupa deretan puncak difraksi dengan intensitas relatif bervariasi sepanjang nilai 2θ tertentu. Besarnya intensitas relatif ini bergantung pada jumlah atom atau ion yang ada. Pola difraksi setiap padatan kristalin sangat khas dan bergantung pada kisi kristal, unit parameter dan panjang gelombang sinar X yang digunakan sehingga kemungkinan pola difraksi yang dihasilkan untuk padatan kristalin yang berbeda adalah sangat kecil (Warren, 1969).

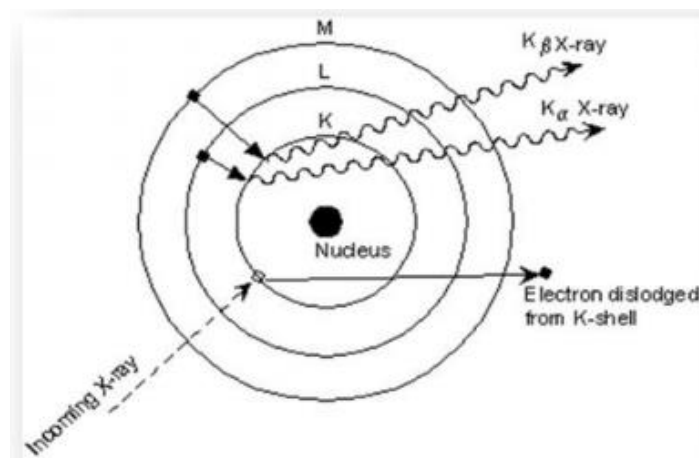
Komponen utama XRD yaitu terdiri dari tabung katoda (tempat terbentuknya sinar X), sampel holder dan detektor. Instrumen XRD memberikan data-data difraksi dan kuantitatif intensitas difraksi pada sudut-sudut dari suatu bahan. Data yang diperoleh dari XRD berupa intensitas difraksi sinar X yang terdifraksi dan sudut-sudut 2θ . Tiap pola yang muncul pada pola XRD mewakili satu bidang kristal yang memiliki orientasi tertentu (Widyawati, 2012).

2.5 X Ray Fluorescence (XRF)

XRF merupakan alat uji yang digunakan untuk analisis unsur yang terkandung dalam bahan secara kualitatif maupun kuantitatif. Analisis kualitatif memberikan informasi jenis unsur yang terkandung didalam bahan yang

dianalisis, yang ditunjukkan oleh adanya spektrum unsur pada energi sinar X karakteristiknya. Sedangkan analisis kuantitatif memberikan informasi jumlah unsur yang terkandung dalam bahan yang ditunjukkan oleh ketinggian puncak spektrum (Jamaludin dan Adiantoro, 2012).

Analisis menggunakan XRF dilakukan berdasarkan identifikasi dan pencacahan sinar X karakteristik yang terjadi dari peristiwa efek fotolistrik. Efek fotolistrik terjadi karena elektron dalam atom target (sampel) terkena sinar berenergi tinggi (radiasi gamma, sinar X). Bila energi sinar tersebut lebih tinggi daripada energi ikat elektron dalam orbit K, L, atau M atom target, maka elektron atom target akan keluar dari orbitnya. Dengan demikian atom target akan mengalami kekosongan elektron. Kekosongan elektron ini akan diisi oleh elektron dari orbital yang lebih luar diikuti pelepasan energi yang berupa sinar X. Sinar X yang dihasilkan merupakan suatu gabungan spektrum sinambung dan spektrum berenergi tertentu (*discreet*) yang berasal dari bahan sasaran yang tertumbuk elektron. Jenis spectrum *discreet* yang terjadi tergantung pada perpindahan elektron yang terjadi dalam atom bahan. Spektrum ini dikenal sebagai spektrum sinar X karakteristik. Peristiwa tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.

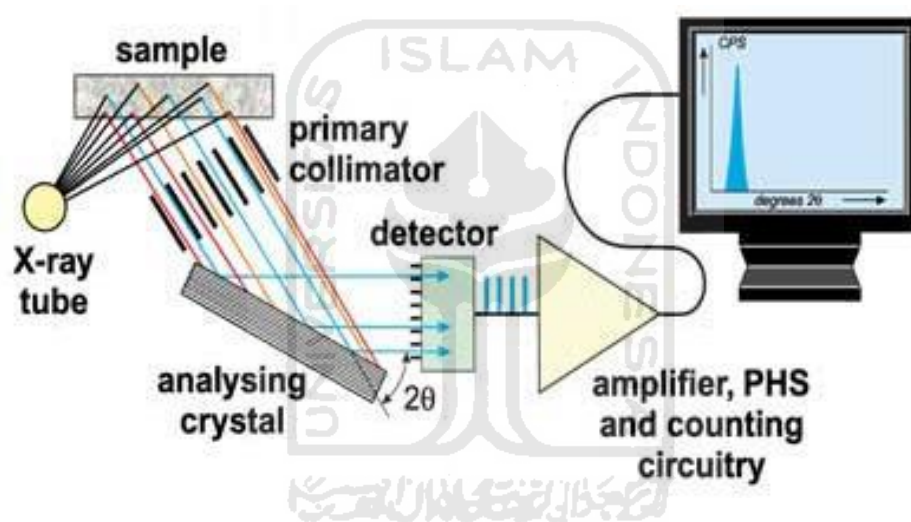


Gambar 2. Proses terbentuknya sinar X

Sinar X karakteristik yang dihasilkan dari peristiwa tersebut ditangkap oleh detektor semi konduktor silikon lithium (SiLi). Detektor tersebut dapat berfungsi dengan baik bila temperatur dijaga pada kondisi suhu dibawah 0°C (-115°C) dengan cara merendamnya dalam nitrogen cair. Berdasarkan manual alat, spektrometer XRF mampu mendeteksi unsur-unsur dengan energi karakteristik sinar-x $> 0,840 \text{ keV}$ dengan kebolehjadian terjadinya sinar yang dideteksi spektrometer XRF dengan konsentrasi lebih besar dari 0,01 %. Hasil analisis kualitatif ditunjukkan dalam bentuk spektrum yang mewakili komposisi unsur yang terkandung dalam suatu bahan sesuai dengan energi karakteristik sinar-x masing-masing unsur, sedang analisis kuantitatif dihitung menggunakan metode komparatif.

Prinsip kerja alat XRF adalah sebagai berikut: sinar X fluoresensi yang dipancarkan oleh sampel dihasilkan dari penyinaran sampel dengan sinar X primer dari tabung sinar X (X-ray tube), yang dibangkitkan dengan energi listrik dari sumber tegangan sebesar 1200 volt. Bila radiasi dari tabung sinar X mengenai

suatu bahan maka elektron dalam bahan tersebut akan tereksitasi ke tingkat energi yang lebih rendah, sambil memancarkan sinar X karakteristik. Sinar X karakteristik ini di tangkap oleh detektor diubah kedalam sinyal tegangan (voltage), diperkuat oleh preamp dan dimasukkan ke analizer untuk diolah datanya. Energi maksimum sinar X primer (keV) tergantung pada tegangan listrik (kVolt) dan kuat arus (μ Ampere). Fluoresensi sinar X tersebut dideteksi oleh detektor SiLi (Jamaludin dan Adiantoro, 2012).



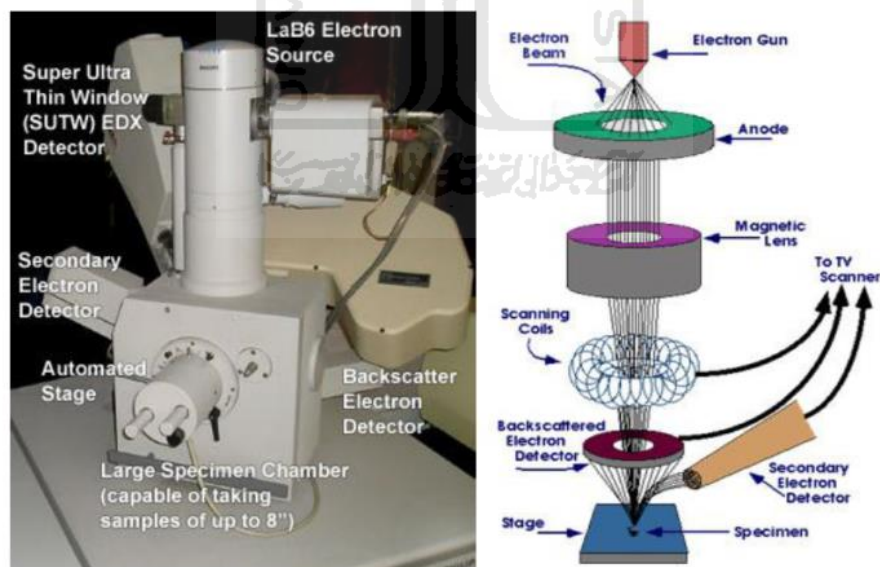
Gambar 3. Bagan alat XRF

2.6 Scanning Electron Microscopy (SEM)

SEM digunakan untuk mengetahui morfologi permukaan bahan. Karakteristik bahan menggunakan SEM dimanfaatkan untuk melihat struktur topografi permukaan, ukuran butiran, cacat struktural, dan komposisi pencemaran suatu bahan. Hasil yang diperoleh dari karakterisasi ini dapat dilihat secara langsung pada hasil SEM berupa Scanning Electron Micrograph yang menyajikan bentuk tiga dimensi berupa gambar atau foto. Mikroskop ini digunakan untuk

mempelajari struktur permukaan obyek, yang secara umum diperbesar antara 1.000-40.000 kali (Anonim, 2016).

Pada prinsipnya cara kerja SEM dimulai dari berkas elektron berinteraksi dengan sampel yang akan menghasilkan *Secondary Electron* (SE) yang didalam detektor SE tersebut diubah menjadi sinyal listrik selanjutnya akan menghasilkan gambar pada monitor. Sinyal yang keluar dari detektor ini berpengaruh terhadap intensitas cahaya di dalam tabung monitor, karena jumlah cahaya yang dipancarkan oleh monitor sebanding dengan jumlah elektron yang berinteraksi dengan sampel. Apabila jumlah elektron yang dipancarkan semakin banyak maka gambar yang dihasilkan semakin terang dan demikian sebaliknya. Skema prinsip kerja SEM ditampilkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Skema prinsip kerja SEM

2.7 Jeruk Nipis

Jeruk nipis merupakan buah-buahan yang banyak digemari oleh masyarakat di Indonesia. Jeruk nipis yang bernama latin *Citrus aurantifolia* Swingle ialah sejenis tanaman perdu yang banyak tumbuh dan dikembangkan di Indonesia. Selain itu jeruk nipis juga dapat digunakan untuk obat batuk, peleruh dahak, influenza dan obat jerawat. Buah ini banyak dikonsumsi masyarakat dan mempunyai harga relatif murah, mudah diperoleh, alamiah serta tidak menimbulkan efek samping bagi pemakainya (Widia *et al*, 2015).

Jeruk nipis mengandung unsur-unsur kimia yang bermanfaat, seperti asam sitrat, asam amino (triptofan, lisin), minyak atsiri (sitral, limonen, felandren, lemon kamfer, kadinen, geranil asetat, linalil asetal, aktilaldehid, anildehid), damar, glikosida, lemak, kalsium, fosfor, besi, belerang, vitamin B1 dan C. Kandungan asam sitrat dalam buah jeruk nipis dapat berfungsi sebagai *chelator* pada logam, sehingga logam dapat berikatan dengan asam sitrat (Nisma *et al*, 2012). Kandungan gizi dalam 100gram buah jeruk nipis mengandung vitamin C sebesar 27 miligram, hidrat arang 12,4 gram, vitamin B1 0,04 miligram, zat besi 0,6 miligram, lemak 0,1 gram, kalori 37 gram, protein 0,8 gram dan mengandung air 86 gram (Widia *et al*, 2015).

BAB III

TINJAUAN PUSTAKA

Studi logam kuno yang terdapat dalam literatur (Viljus and Viljus, 2012) yang mencoba menjelaskan konservasi logam perak dengan metode Galvanic. Penanganan koin secara galvanic dapat dilakukan menggunakan aluminium atau seng. Logam yang terdapat pada anoda akan mengalami korosi, sementara koin yang terdapat pada katoda mengalami pengurangan korosi. Aluminium biasanya digunakan dalam bentuk foil (galvanik wrap) atau dalam bentuk butiran. Objek yang tersisa dalam larutan sampai aluminium teroksidasi dan proses ini diulang sampai hasil yang diinginkan tercapai. Metode ini dapat diterapkan, jika inti logam dari objek telah diawetkan. Dua percobaan dilakukan dengan larutan yang berbeda: satu dengan 10% natrium karbonat dan yang kedua dengan larutan alkali Rochelle (campuran yang mengandung 5% natrium hidroksida dan 15% kalium natrium tartrat) sebagai elektrolit. Butiran Aluminium digunakan sebagai anoda. Koin disimpan hingga 72 jam (3 hari) dalam larutan natrium karbonat, setelah itu koin dan larutan dicatat perubahannya setiap 24 jam. NaOH akan bereaksi dengan butiran Al dalam larutan alkali Rochelle yang ditandai dengan adanya emisi gas dengan bau yang menyengat. Percobaan berlangsung selama 30 menit.

Hasil eksperimen dengan natrium karbonat selama 48 jam pertama, korosi secara parsial dihilangkan (koin A dan koin B). Setelah itu, tidak ada perubahan yang terlihat, korosi elektrokimia dari butiran aluminium masih berlanjut setelah 48 jam butiran melekat di permukaan koin dan sedimen putih muncul. Koin A dan

koin B membutuhkan perawatan tambahan (12 jam dalam larutan natrium tiosulfat) untuk menghilangkan korosi sepenuhnya. Hasil eksperimen dengan larutan alkali Rochelle: Dalam konservasi tersebut, koin-koin itu ditutupi dengan lapisan gelap yang mudah dicuci. Noda merah pada tembaga (grup B) atau noda salmon pink (grup A) muncul dibawah lapisan ini. Alasan yang jelas untuk ini adalah fakta bahwa produk korosi tembaga telah didominasi pada permukaan koin (terutama dalam kasus koin grup B), yang kemudian dikurangi menjadi elemen tembaga. Oleh karena itu, permukaan koin terdistorsi.

Tulisan lain juga menjelaskan konservasi logam perak dengan cara: koin yang dipilih sebelumnya dibersihkan secara kimiawi menggunakan tiourea dan asam format. Larutan yang terdiri dari 5% tiourea dan 5% asam format dipersiapkan untuk menghilangkan noda yang terdapat pada koin. Larutannya diaplikasikan secara merata menggunakan kapas untuk menghindari risiko di masa mendatang dan untuk menjaga proses pembersihan di bawah kontrol. Setelah dibersihkan, koin-koin itu dicuci menggunakan air suling untuk menghilangkan sisa-sisa bahan kimia yang digunakan. Setelah itu, koin dikeringkan menggunakan aseton. Tidak ada lapisan yang diterapkan untuk melindungi mereka, mereka ditampilkan di museum tanpa pengendalian lingkungan (Al-Saad dan Bani, 2008).

Fatmawati (2014) mencoba memanfaatkan bahan-bahan alam guna mengurangi dampak negatif dari bahan kimia sintetis. Salah satu bahan alam itu adalah penggunaan buah lerak sebagai bahan pembersih logam. Adanya kandungan saponin menjadikan buah lerak dapat digunakan sebagai bahan baku

sabun yang aman, ekonomis, reversibel, dan ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keefektifan larutan lerak serta metode yang tepat untuk membersihkan logam perak, perunggu, dan besi menggunakan larutan tersebut. Sampel yang digunakan adalah mata uang Ma berbahan perak, mata uang Cina berbahan perunggu, dan sabit berbahan besi. Larutan lerak dibuat dengan mencampur 60 gram buah lerak ke dalam 250 ml air panas. Selanjutnya buah ditumbuk dan didiamkan dalam air tersebut selama 24 jam kemudian disaring. Sampel dibersihkan dengan larutan lerak menggunakan dua metode, yaitu: disikat dan direndam. Metode perendaman dilakukan selama 30 menit, 1 jam, 3 jam, 6 jam, dan 24 jam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa larutan lerak efektif sebagai bahan pembersih logam perak dan perunggu dengan metode perendaman selama 24 jam kemudian disikat. Namun untuk logam besi, perendaman dalam larutan lerak selama 24 jam kurang efektif karena belum mampu menghilangkan seluruh korosi yang ada di permukaannya.

Hasil eksperimen Wahyuni dan Atmaja (2013) menjelaskan tentang konservasi koleksi tinggalan kolonial di Pulau Morotai (Maluku Utara). Koleksi peninggalan kolonial yang di konservasi meliputi koleksi berbahan gelas, logam, porselen dan lainnya. Bahan yang digunakan untuk konservasi jenis logam terutama perunggu dan kuningan adalah campuran antara jeruk nipis dan soda kue (sodium bikarbonat) yang dipastakan. Untuk koleksi berbahan besi digunakan asam sitrat dengan konsentrasi 5%. Apabila asam sitrat tidak dijumpai dapat diganti dengan menggunakan air jeruk nipis (pH 4-5) karena didalam jeruk nipis juga mengandung asam sitrat. Adapun bahan yang digunakan untuk pelapisan

logam adalah minyak singer. Dari hasil penelitian penggunaan pasta dari bahan jeruk nipis dan soda kue terbukti efektif untuk membersihkan korosi yang ada pada koleksi logam.



BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Bahan

- a. Koin perak tinggalan budaya bawah air (Laboratorium Balai Konservasi Borobudur)
- b. Natrium karbonat 5% (Teknis)
- c. Natrium Hidroksida (Merck)
- d. Aquades (Laboratorium Balai Konservasi Borobudur)
- e. Jeruk nipis
- f. Soda kue (Natrium Bikarbonat)
- g. Asam sitrat (Merck)

4.2 Alat

- a. XRF *Portable* (Olympus DP-2000 High Count Rate)
- b. XRD (D8 FOCUS)
- c. SEM (Jeol JSM T300)
- d. *Handy microscope* (Rohs)
- e. Gelas beker
- f. Sikat
- g. Cawan petri
- h. Skavel
- i. Gelas ukur
- j. Kain perca
- k. Kamera
- l. *Hair dryer*

m. Kipas angin

n. *Tissue*

o. *Cutter*

4.3 Cara Kerja

A. Identifikasi Sampel

Identifikasi tingkat pelapukan dilakukan dengan pengamatan visual pada obyek. Obyek dipisahkan dan dilakukan pelaksanaan penanganan sesuai tingkat keaktifan korosi.

B. Analisis dan karakterisasi objek dengan XRF, XRD, SEM dan *Handy microscope* pada permukaan objek dan permukaan korosi.

C. Pasivasi/deaktivasi sampel untuk menghentikan korosi aktif

Pasivasi korosi dilakukan dengan perendaman sampel dalam larutan natrium karbonat 5% dan nilai pH larutan dijaga antara 11-13. Jika pH turun maka harus dinaikkan sampai pada rentang tersebut dengan larutan natrium hidroksida. Perendaman dilakukan sekitar 1 minggu, selanjutnya dibilas dengan air dilanjutkan akuades dan dikeringkan untuk dilihat perkembangannya. Jika masih terjadi korosi maka proses perendaman diulang. Sebelum proses pasivasi selesai, tidak boleh dilakukan pembersihan kerak atau karat. Lapisan kerak akan menjadi pelindung alami sementara. Jika korosi sudah berhenti, dilanjutkan dengan pembersihan manual dengan: sikat, skavel dan jarum. Proses pembersihan dilakukan dengan dua metode yaitu pertama pembersihan dengan pasta yang terbuat dari 15 mL perasan air jeruk yang dicampur dengan 30 gram soda kue, metode kedua yaitu dengan

mencampurkan 10 mL larutan asam sitrat dengan 30 gram soda kue sehingga membentuk pasta. Setelah proses pembersihan manual selesai, obyek diidentifikasi berbagai permasalahan yang ada. Bentuk fisik obyek diperjelas dan setiap fragmen yang lepas selama proses dikumpulkan dan diuji coba untuk rekonstruksi.

Pembersihan ini merupakan inti dari kegiatan konservasi, sehingga harus bisa menuntaskan permasalahan konservasi objek hingga dapat bertahan untuk jangka panjang. Pada tahap ini pembersihan dilakukan dua metode, metode pertama objek dibersihkan dengan menggunakan air jeruk nipis yang di tambahkan soda kue sehingga membentuk pasta dan metode kedua dengan menggunakan serbuk asam sitrat yang ditambahkan dengan soda kue untuk menghilangkan korosi dan langkah akhir dari semua tahap tersebut yaitu dilakukan pembilasan sampai betul-betul bersih dari larutan yang digunakan.

BAB V

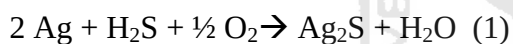
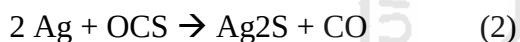
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan dari penelitian ini terdiri dari tiga tahap dalam konservasi material koin perak tinggalan budaya bawah air, yaitu tahap identifikasi korosi pada material koin perak tinggalan budaya bawah air, tahap analisis dan karakterisasi objek menggunakan XRD, XRF, SEM dan *Handy microscope* dan tahap pasivasi/deaktivasi proses korosi pada material koin perak tinggalan budaya bawah air.

5.1 Hasil Identifikasi Pelapukan Material Koin Perak Tinggalan Budaya Bawah Air

Hasil identifikasi menunjukkan bahwa pada koin logam rata-rata telah terbentuk lapisan patina. Menurut Tanuwijaya (2010) kata patina berasal dari bahasa latin yang berarti lapisan dangkal (Shallow Dish). Patina pada koin adalah perubahan lapisan pada permukaan koin yang merupakan hasil interaksi dengan kontaminan di lingkungan. Menurut Wahyuni dan Atmaja (2013) Lapisan patina terbentuk karena reaksi oksidasi antara karbonat dengan lingkungan atau cuaca. Ketika koin terekspos panas atau kontaminan dari lingkungan sekitar, maka warnanya akan berubah. Setelah beberapa waktu koin berbahan perak akan berubah menjadi kehitaman karena reaksi kimia. Pada koin perak ditemukan beberapa variasi warna patina, yaitu coklat, hijau, putih dan hitam. Patina yang dominan terdapat pada material koin perak adalah patina berwarna hitam yang berasal dari logam paduan perak (Cu) yang teroksidasi dan warna putih dikarenakan adanya karang yang menempel pada koin.

Perak umumnya dapat ditemukan dalam keadaan asli atau paduan dengan emas, timah, tembaga, dan platinum. perak benar-benar stabil dalam larutan air selama agen pengoksidasi atau zat pengompleks tidak hadir. Perak mudah ternoda oleh hidrogen sulfida, yang merupakan kontaminan atmosfer sehingga lapisan tipis gelap perak sulfida (Ag_2S) akan terbentuk. Proses korosi perak bervariasi sesuai dengan komposisi paduan perak aslinya dan kondisi dari lingkungan sekitarnya. Semua logam mengalami korosi, tetapi kemungkinan untuk propagasi dari proses korosi ditentukan oleh struktur lapisan oksida yang meningkat pada logam yang bersangkutan.. Reaksi antara perak dan hidrogen sulfida (H_2S), dan perak dan karbonil sulfida (OCS) di atmosfer disederhanakan oleh reaksi keseluruhan berikut (Al-Saad dan Bani, 2008):

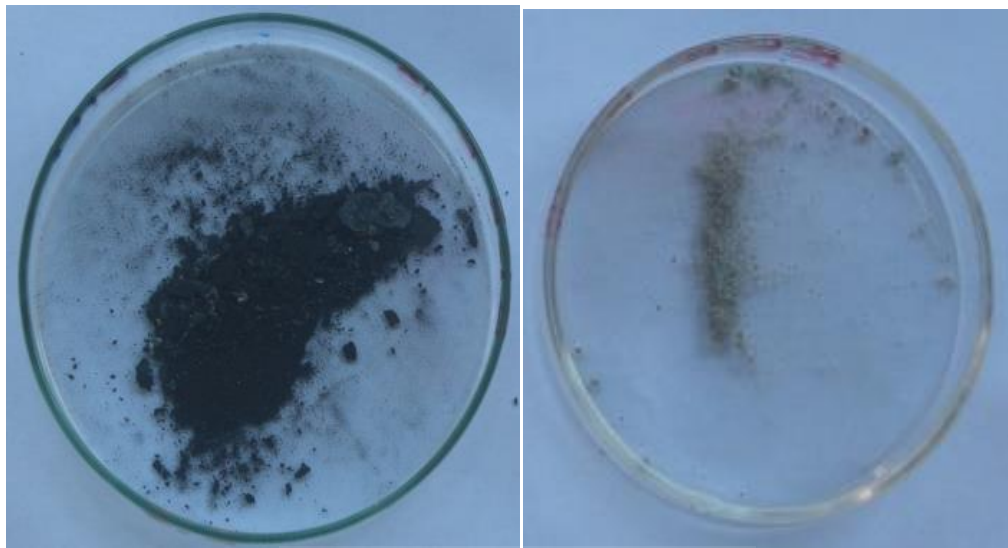


5a



5b

Gambar 5. Korosi pada permukaan material koin perak



6a

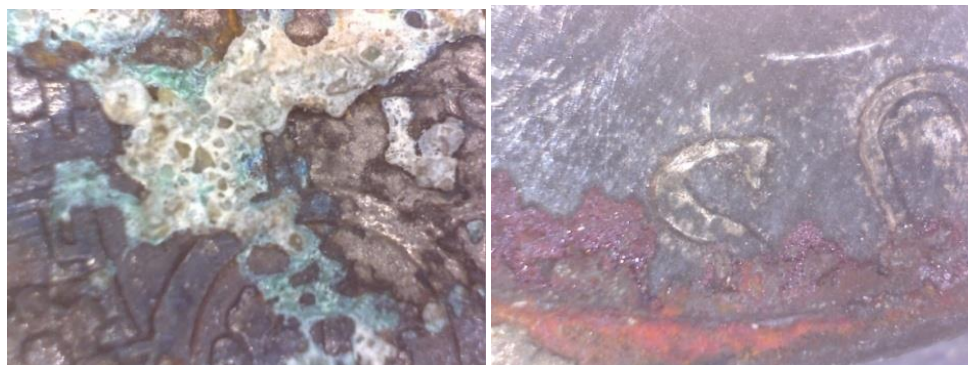
6b

Gambar 6. Patina hitam (6a) dan patina putih (6b) yang diperoleh dari material koin perak

5.2 Analisis dan Karakterisasi Korosi Material Koin Perak Tinggalan Budaya Bawah Air

5.2.1 Analisis dan karakterisasi permukaan objek tinggalan budaya bawah air menggunakan handy microscope

Analisis dan karakterisasi permukaan obyek tahap pertama menggunakan *Handy Microscope* yang memiliki kemampuan perbesaran objek sampai 500 kali. Hasil karakterisasi objek menggunakan *Handy Microscope* ditunjukkan pada Gambar 7.



7a

7b

Gambar 7. Korosi pada material perak (7a) patina warna hijau, putih dan hitam, (7b) patina warna coklat.

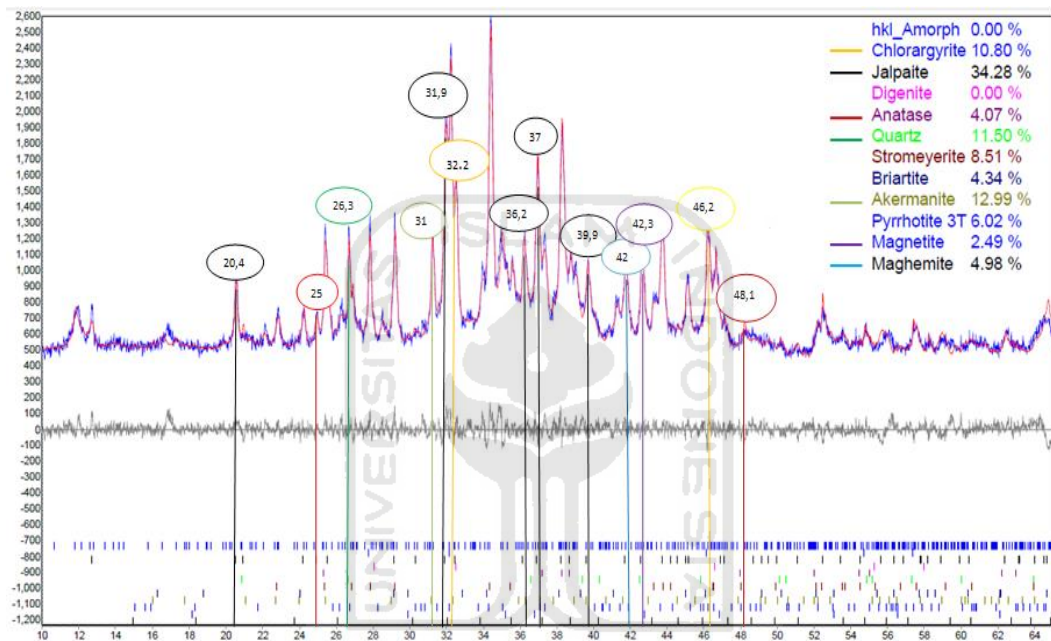
Gambar 7. menunjukkan adanya korosi pada material perak tinggalan budaya bawah air dengan adanya patina warna hijau, putih, hitam dan coklat. Korosi yang terjadi merupakan korosi pasif. Korosi pasif terjadi sebagai lapisan oksida yang stabil atau perubahan warna yang terjadi secara perlahan-lahan pada permukaan artefak logam. Lapisan oksida tersebut akan melindungi permukaan logam yang mendasarinya. Sehingga lapisan oksida tersebut sering dianggap sebagai patina (Anonim, 2014).

5.2.2 Analisis dan karakterisasi permukaan objek tinggalan budaya bawah air menggunakan XRD

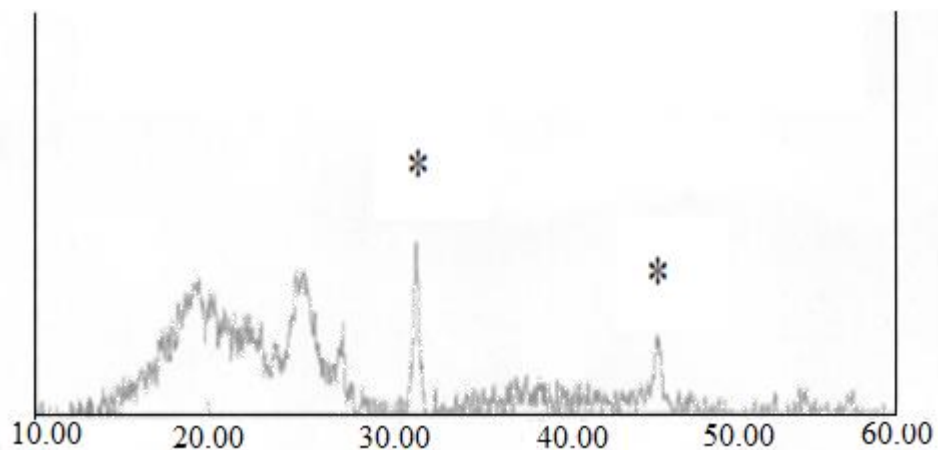
Prinsip kerja XRD pada dasarnya sinar X ditembakkan ke material yang diuji kemudian sinar X berinteraksi dengan struktur kristal maka akan terbentuk pola-pola difraksi ketika sinar X melewati celah-celah kecil diantara bidang-bidang tersebut. Pola-pola tersebut menyerupai pola gelap dan terang, pola gelap terbentuk ketika terjadi interferensi destruktif, sedangkan pola terang terbentuk ketika terjadi interferensi konstruktif dari

pantulan gelombang-gelombang sinar X yang saling bertemu. Dengan menganalisis puncak-puncak grafik tersebut kristal suatu material dapat diketahui (Natullah dan Yudoyono, 2013).

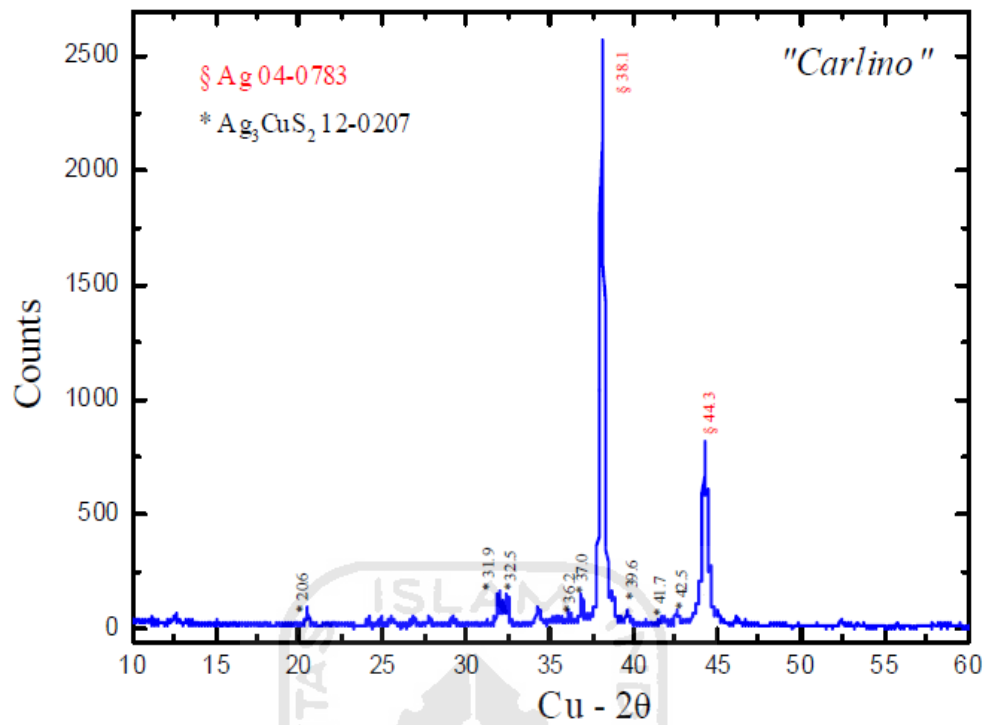
Hasil dari analisis dan karakterisasi permukaan korosi menggunakan XRD ditunjukkan pada Gambar 8.



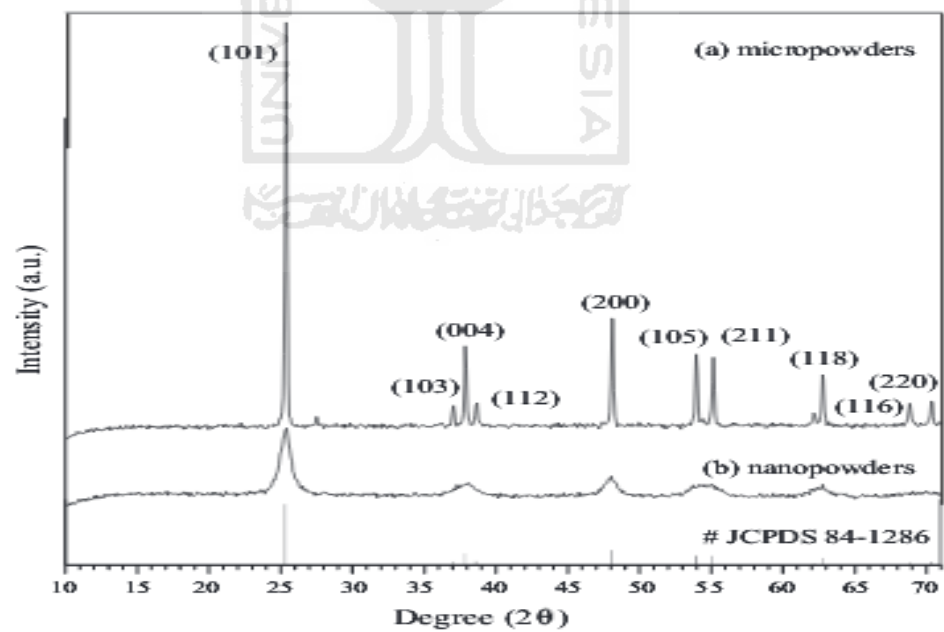
Gambar 8. Spektra XRD pada patina hitam



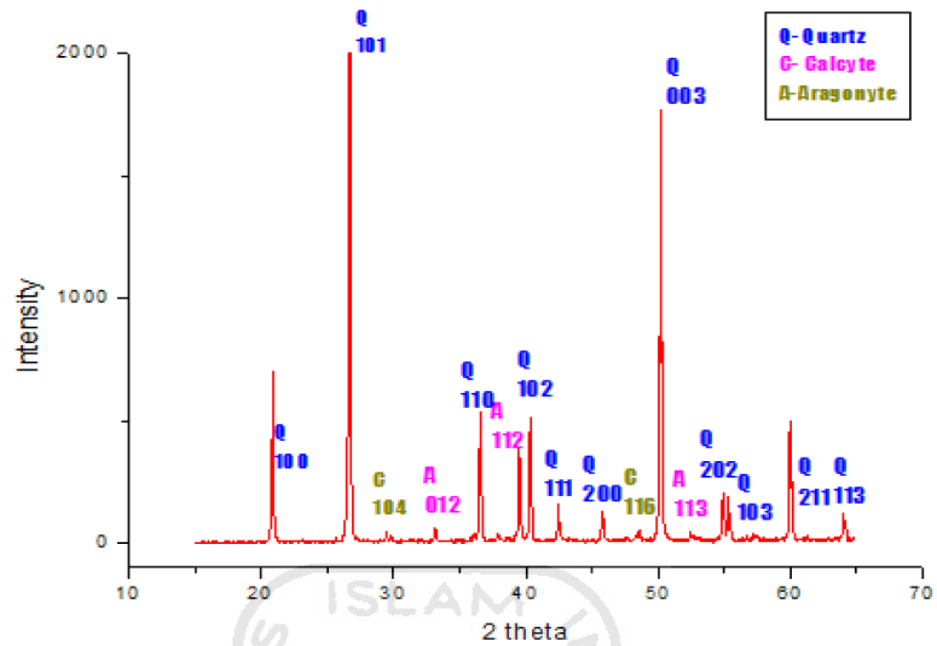
Gambar 9. Puncak difraksi dari chlorargyrate (Kaur *et al* , 2004)



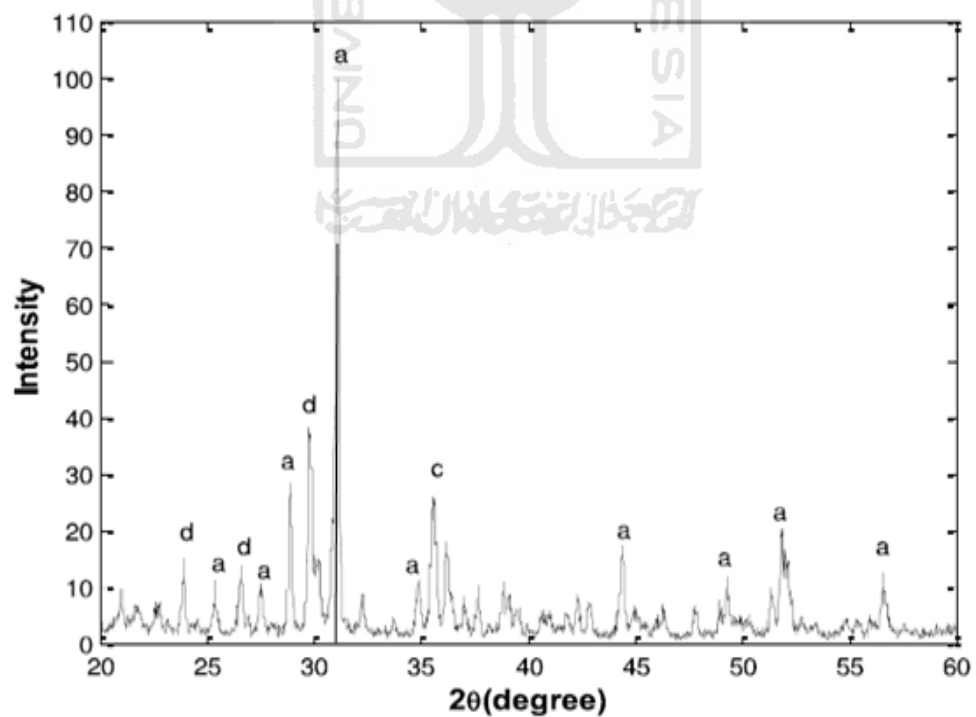
Gambar 10. Spektra XRD dari koin *Carlino* (Adduci, *et al*)



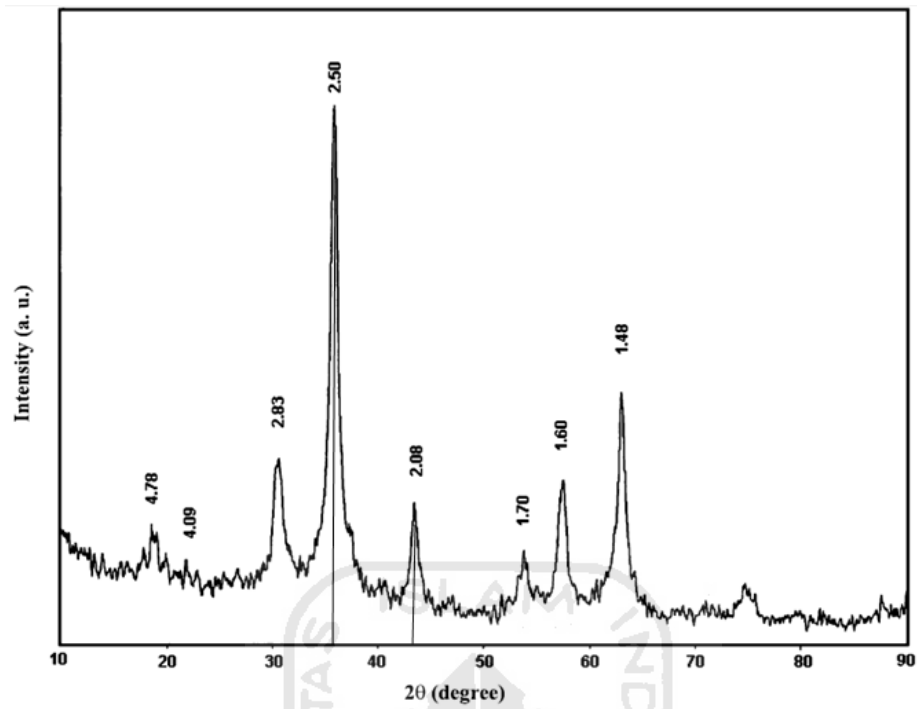
Gambar 11. Spektra sinar X dari anatase TiO₂ (a) mikropowder (b) nanopowder (Thamaphat *et al*, 2008)



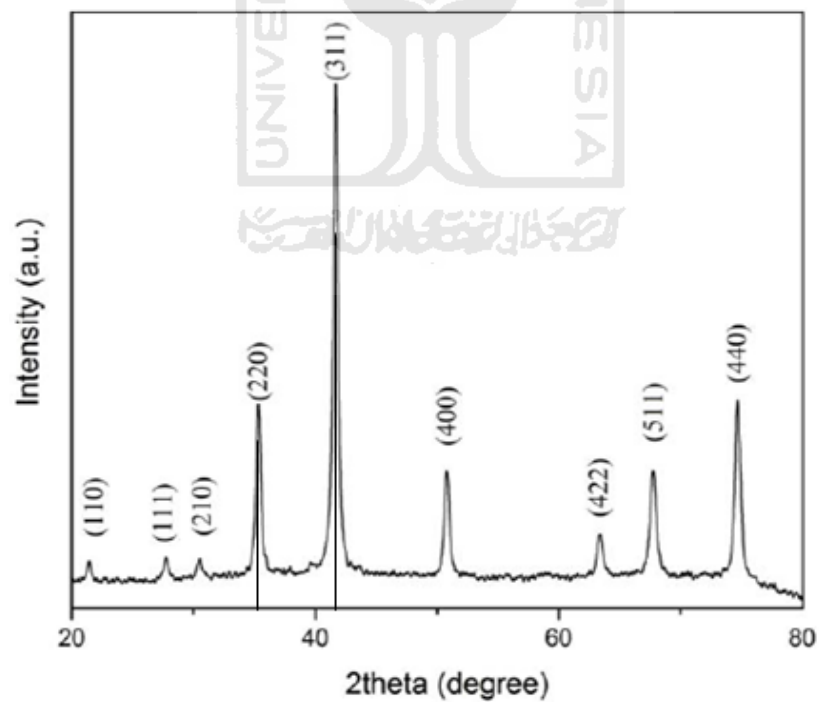
Gambar 12. Hasil pola difraksi pasir Bancar, Tuban (Iriawan, *et al*, 2014)



Gambar 13. Spektrum XRD dengan a (akermanite), c (cristobalite), dan d (diopside) (Budiman dan asmi, 2013).



Gambar 14. Spektra XRD pada magnetite (Ma, *et al*, 2003)



Gambar 15. Spektra XRD dari sampel maghemite (Golmohammad, *et al*, 2016)

Gambar 8. menunjukkan spektra XRD pada patina hitam. Garis berwarna kuning merupakan puncak dari chlorargyrite yang menunjukkan puncak 2θ pada $32,2^\circ$ dan $46,2^\circ$. Hal ini di dukung hasil penelitian dari Kaur *et al.*, (2004) pada Gambar 9. yang menemukan adanya chlorargyrate pada puncak 2θ pada $32,249^\circ$ dan $46,252^\circ$. Chlorargyrate merupakan mineral dari AgCl yang memiliki beberapa warna seperti tidak berwarna (segar), cerah kekuning-hijau, kuning, hijau muda, abu-abu dan akan menjadi violet-coklat jika terkena paparan cahaya. Senyawa trisilver tembaga (I) sulfida (Ag_3CuS_2) ditemukan dalam sebagai mineral jalpaite ada yang sebagai fase diskrit pada batis tie pseudo biner antara Ag_2S (acanthite) dan Cu_2S (kalkosit) (Trots, *et al*). Garis berwarna hitam merupakan puncak dari mineral jalpaite yang merupakan mineral terbesar yang menunjukkan puncak 2θ pada $31,9^\circ$; $36,2^\circ$; 37° dan $39,9^\circ$. Hal ini di dukung hasil penelitian dari Adduci, *et al* pada Gambar 10. yang menemukan adanya mineral jalpaite pada puncak tersebut. Anatase adalah salah satu dari tiga mineral betuk titanium oksida (TiO_2), dua lainnya adalah brookite dan rutil (Tjahjanto dan Gunlazuardi, 2001). Perbedaan struktur kristal TiO_2 ini mengakibatkan perbedaan massa jenis (3,9 g/cc untuk anatase dan 4,2 g/cc untuk rutile). Anatase memiliki warna hitam, kemerahan sampai coklat kekuningan, biru tua dan abu-abu. Anatase dan rutile mempunyai struktur kristal tetragonal (Natullah dan Yudoyono, 2013). Garis merah merupakan puncak 2θ pada 25° dan $48,1^\circ$ yang merupakan puncak dari anatase. Menurut Thamaphat *et al.*, (2008) pola XRD ditunjukkan oleh puncak difraksi yang kuat pada 25° dan 48° yang

menunjukkan TiO_2 dalam fase anatase yang dapat dilihat pada Gambar 11. Puncak 2θ pada $26,3^\circ$ yang ditunjukkan oleh garis berwarna hijau adalah puncak dari mineral Quartz. Menurut Iriawan *et al.*, (2014) pada jurnalnya yang berjudul “Sintesis dan Karakterisasi Serbuk SiO_2 dengan Variasi pH dan Molaritas Berbahan Dasar Pasir Bancar, Tuban” menunjukkan pola hasil analisis XRD pada pasir bancar adanya mineral Quartz pada puncak 2θ pada 26° yang dapat dilihat pada Gambar 12. Akermanite ditunjukkan oleh garis hijau muda pada puncak 2θ pada 31° . Menurut Budiman dan Asmi (2013) pada Gambar 14. hasil analisis XRD pada keramik menunjukkan adanya akermanite yang berada pada puncak 2θ pada 31° . Garis berwarna ungu merupakan puncak dari magnetite yang menunjukkan puncak 2θ pada $42,3^\circ$. Hal ini di dukung hasil penelitian dari Maet *al.*, (2003) pada Gambar 15. yang menemukan adanya magnetite pada puncak 2θ pada 42° . Garis berwarna biru muda merupakan puncak dari maghemite yang menunjukkan puncak 2θ pada 42° . Hal ini di dukung hasil penelitian dari Golmohammadet *al.*, (2016) pada Gambar 16. yang menemukan adanya maghemite pada puncak 2θ pada 42° . Selain itu juga terdapat mineral lainnya seperti Briartite, Stromeyerite dan Pyrrhotite 3T.

5.2.3 Analisis dan karakterisasi permukaan objek tinggalan budaya bawah air menggunakan XRF

X-Ray Fluoresensi (XRF) merupakan salah satu metode analisis yang digunakan untuk analisis unsur dalam bahan secara kualitatif dan kuantitatif. Prinsip kerja metode analisis XRF berdasarkan terjadinya tumbukan atom-

atom pada permukaan sampel (bahan) oleh sinar X dari sumber sinar X. Hasil analisis kualitatif ditunjukkan oleh puncak spektrum yang mewakili jenis unsur sesuai dengan energi sinar X karakteristiknya, sedangkan analisis kuantitatif diperoleh dengan cara membandingkan intensitas sampel dengan standar (Kriswarini *et al*, 2010).

Hasil analisis dan karakterisasi permukaan korosi menggunakan XRF menunjukkan adanya unsur yang berbeda-beda seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakterisasi serbuk korosi menggunakan XRF

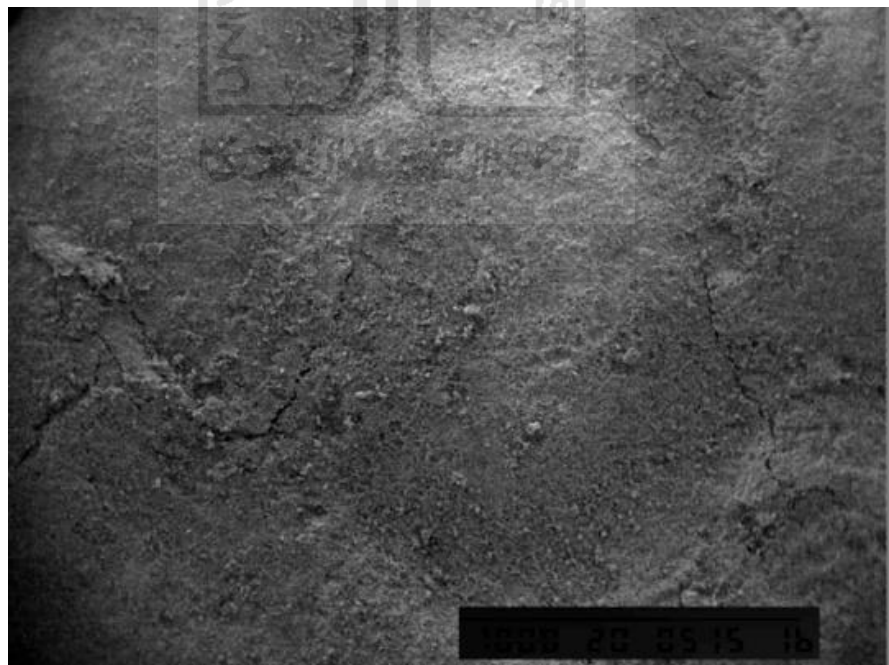
No	Unsur	Patina Hitam	Patina Putih
		Kadar (%)	Kadar (%)
1	Ag	67,22	11,45
2	Cu	17,15	2,48
3	S	13,69	2,24
4	Si	1,22	-
5	Fe	0,36	0,63
6	W	0,14	-
7	Pb	0,14	0,05
8	P	0,048	0,09
9	Zr	0,031	0,07
10	Ca	-	39,95
11	Cl	-	5,07
12	SiO ₂	-	5,85
13	K	-	1,28
14	Al	-	0,78
15	Sn	-	0,03

Tabel 1. menunjukkan hasil dari karakterisasi serbuk korosi material koin perak tinggalan budaya bawah air menggunakan XRF. Pada Tabel 1. dapat dilihat adanya unsur terbesar pada patina hitam yaitu perak dengan

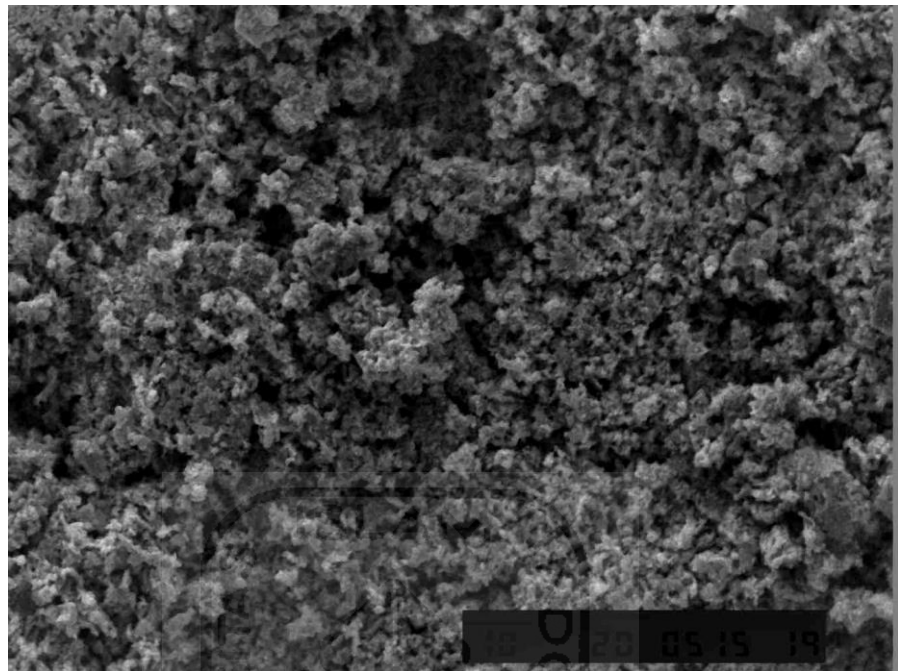
kadar 67,22% yang menunjukkan bahwa koin tersebut berbahan dasar perak, sedangkan pada patina putih unsur terbesarnya adalah kalsium dengan kadar 39,95% yang kemungkinan berasal dari karang yang menempel pada koin tinggalan budaya bawah air.

5.2.4 Analisis dan karakterisasi permukaan objek tinggalan budaya bawah air menggunakan SEM

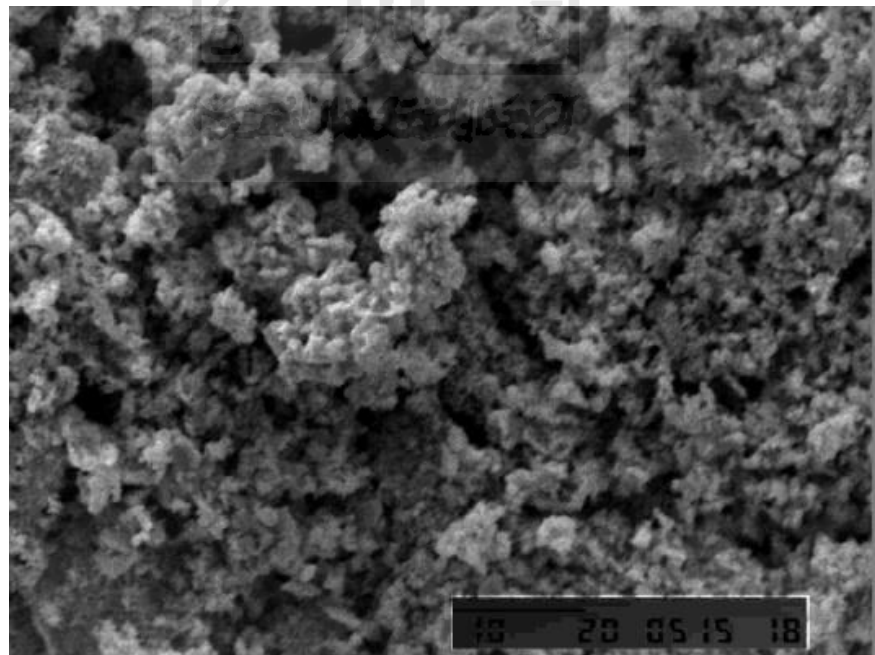
SEM digunakan untuk mengetahui struktur morfologi permukaan korosi dari koin perak. Prinsip kerjanya adalah interaksi antara berkas elektron yang dikenakan pada sampel dan atom-atom sampel. Hasil dari SEM ini berupa morfologi permukaan korosi material koin perak. Hasil analisis dan karakterisasi permukaan korosi material koin perak tinggalan budaya bawah air menggunakan SEM ditunjukkan pada Gambar berikut:



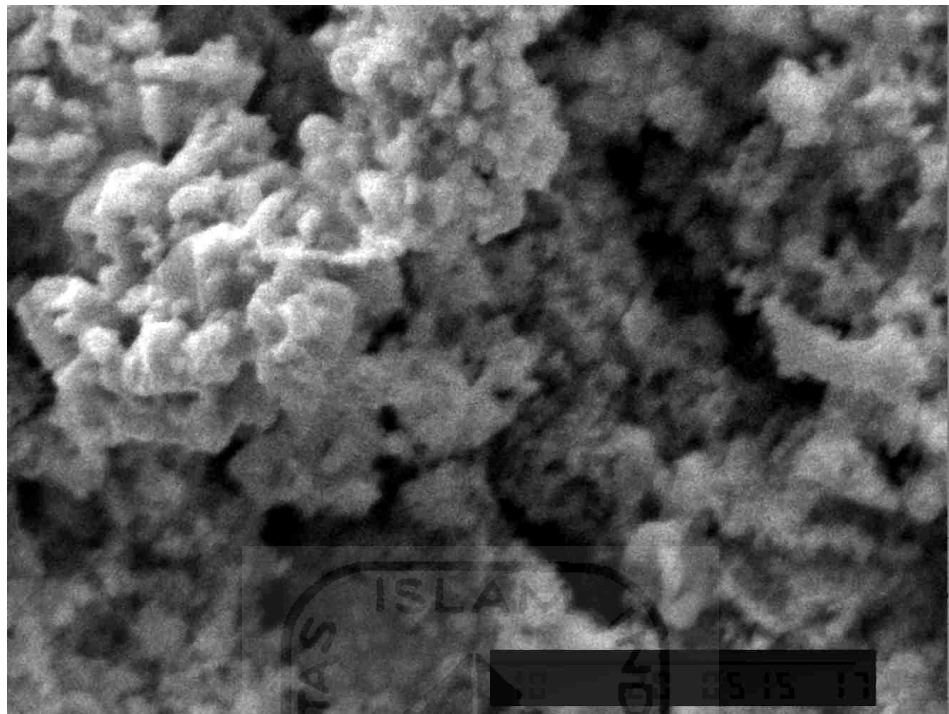
Gambar 16. Hasil karakterisasi permukaan korosi hitam koin perak dengan SEM perbesaran 50 kali



Gambar 17. Hasil karakterisasi permukaan korosi hitam koin perak dengan SEM perbesaran 1000 kali



Gambar 18. Hasil karakterisasi koin perak dengan SEM perbesaran 2000 kali



Gambar 19. Hasil karakterisasi permukaan korosi hitam koin perak dengan SEM perbesaran 5000 kali

Hasil SEM tampak dari depan dari lapisan tipis korosi koin perak dengan perbesaran 50 kali, 1000 kali, 2000 kali dan 5000 kali dapat dilihat dengan jelas adanya rongga-rongga pada permukaan korosi hitam dari koin perak tinggalan budaya bawah air.

5.3 Pasivasi atau Deaktivasi Korosi Material Koin Perak Tinggalan Budaya Bawah Air

Pasivasi merupakan suatu keadaan dari logam atau paduan logam dalam pelarut, dimana permukaan logam tertutup oleh oksida dan hidroksida dengan ketebalan tertentu dan kompak (*compact*) (Marcus and Maurice, 2000). Keadaan ini menyebabkan logam atau paduan menjadi pasif dan nantinya dapat memproteksi logam atau paduan terhadap serangan korosi. Pembentukan lapisan

oksida dan hidroksida sebagai lapisan pasif dipermukaan memerlukan perhitungan secara tepat, karena lapisan oksida atau lapisan hidroksida justru dapat memicu terjadinya korosi (Widjajanti, 2006).

Tahap pasivasi pada penelitian dilakukan dengan cara, sampel direndam selama satu minggu dalam larutan natrium karbonat 5%. Nilai pH larutan dijaga antara 11-13, jika pH turun maka harus dinaikan sampai pada rentang tersebut dengan larutan natrium hidroksida. pH dari larutan natrium karbonat adalah 12, kemudian untuk menaikkan pH ditambahkan larutan NaOH sehingga pH larutan menjadi 13. Kemudian koin perak dimasukkan kedalam larutan tersebut dan perendaman dilakukan selama satu minggu. Selanjutnya sampel dibilas dengan air kemudian dilanjutkan dengan akuades. Sebelum proses pasivasi selesai, tidak boleh dilakukan pembersihan kerak atau karat. Lapisan kerak akan menjadi pelindung alami sementara. Selanjutnya dilakukan pembersihan manual dengan menggunakan alat seperti sikat, kain dan jarum.



Gambar 20. Proses perendaman koin perak dengan larutan natrium karbonat 5%

Tabel 2. Identifikasi koin perak sebelum dan sesudah perendaman selama satu minggu

No Koin	pH hari ke-1	pH hari ke- 7	Sebelum perendaman	Setelah Perendaman
1	13	12	Korosi hitam, terdapat karang	terdapat endapan abu-abu, larutan biru
2	13	12	Korosi hitam, terdapat karang	terdapat endapan abu-abu, larutan bening
3	13	12	Korosi hitam, terdapat karang	terdapat endapan hijau lumut, larutan biru
4	13	12	Korosi hitam, terdapat karang	terdapat endapan abu-abu, larutan bening
5	13	12	Korosi hitam	terdapat endapan coklat, larutan bening
6	13	12	Korosi hitam, korosi coklat	terdapat endapan abu-abu, larutan biru
7	13	12	sedikit korosi hitam	terdapat endapan abu-abu, larutan biru
8	13	12	Korosi hitam, terdapat karang	terdapat endapan abu-abu, larutan biru muda
9	13	12	Korosi hitam, terdapat karang	terdapat endapan abu-abu, larutan bening
10	13	12	Korosi hitam, terdapat karang	terdapat endapan abu-abu, larutan biru
11	13	12	korosi hitam, hijau, coklat	terdapat endapan abu-abu, larutan biru
12	13	12	Korosi hitam, terdapat karang	terdapat endapan hijau lumut, larutan biru
13	13	12	sedikit korosi hitam	tidak ada endapan, larutan biru
14	13	12	sedikit korosi hitam	terdapat endapan hijau lumut, larutan bening
15	13	12	korosi hitam	terdapat endapan abu-abu, larutan bening

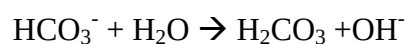
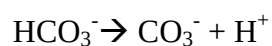
Setelah proses pembersihan manual selesai, sampel dibagi dalam dua kelompok yaitu kelompok A dan B untuk selanjutnya dilakukan pembersihan dengan menggunakan pasta.



Gambar 21. Hasil setelah perendaman dan pembersihan dengan air dan akuades

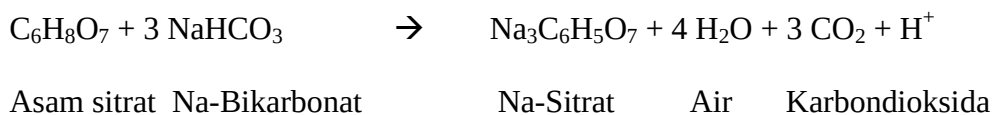
Pasta dibuat denganmencampurkan air perasan jeruk nipis dan soda kue (natrium bikarbonat) untuk koin kelompok A dan dengan pasta yang terbuat dari campuran larutan asam sitrat dan soda kue untuk koin kelompok B. Soda kue (natrium bikarbonat) merupakan bagian terbesar sumber karbonat dengan kelarutan yang sangat baik di dalam air, higroskopis serta tersedia secara komersial mulai dari bentuk bubuk sampai granular dan NaHCO_3 dapat menguapkan air dari bahan dan juga dapat menstabilkan asam yang bersifat higroskopis sehingga dapat menyerap air.

Reaksi NaHCO_3 dalam air (Winarno, 2002) adalah sebagai berikut:



Soda kue dengan aktivitas yang cepat terbuat dari dua macam asam, yaitu asam tartarat dan garam asam K-tartrat yang mudah larut dalam air. Karena itu pelepasan CO_2 lebih cepat (Winarno, 2002). Sedangkan apabila soda kue

(NaHCO₃) dicampurkan dengan asam sitrat maka reaksi yang terjadi adalah (Lieberman, *et al*, 1992) :



a

b

Gambar 22. Campuran air jeruk nipis dengan soda kue (a), campuran asam sitrat dengan soda kue (b)



a

b

Gambar 23. Proses penempelan pasta (air jeruk nipis ditambah soda kue) pada kelompok koin A (a), proses penempelan pasta (asam sitrat ditambah soda kue) pada kelompok koin B (b)

Pasta tersebut kemudian ditempelkan pada permukaan sampel koin perak yang mengalami korosi. Penempelan dilakukan selama beberapa menit dengan memperhatikan tingkat ketebalan korosi. Setelah beberapa menit akan tampak warna biru di pinggiran koin. Penempelan dilakukan beberapa kali untuk menghasilkan koin yang mengkilap. Penggunaan pasta (air jeruk nipis + soda kue)

dan pasta (asam sitrat + soda kue) memiliki perbedaan hasil yaitu dengan menggunakan pasta (air jeruk nipis + soda kue), koin lebih cepat mengkilap namun sedikit lama dalam membersihkan korosi sedangkan pasta (asam sitrat + soda kue) lebih cepat membersihkan korosi namun koin tidak mengkilap meskipun telah dilakukan penampelan berkali-kali. Tahapan selanjutnya setelah penampelan adalah pembilasan dengan menggunakan air bersih sambil digosok dengan menggunakan sikat gigi secara perlahan-lahan. Setelah selesai pembilasan dengan akuades dilanjutkan dengan pengeringan.

Hasil analisis dan karakterisasi objek material koin perak tinggalan budaya bawah air menggunakan XRF sebelum dan sesudah deaktivasi dapat dilihat pada Tabel 3. dan 4.

Tabel 3. Karakterisasi permukaan koin sebelum dan sesudah pembersihan menggunakan XRF pada koin A.

No	Unsur	Sebelum	Sesudah
		%	%
1	Cl	29,014	-
2	Ca	20,983	-
3	Ag	20,853	94,580
4	Cu	14,694	0,550
5	K	3,919	-
6	SiO ₂	5,358	-
7	S	0,781	1,840
8	Al	0,721	1,610
9	Fe	0,380	0,110
10	W	0,249	0,220
11	Pb	0,094	0,022
12	Bi	0,089	-
13	P	0,040	1,060
14	Zr	0,017	-

Tabel 4. Karakterisasi permukaan koin sebelum dan sesudah pembersihan menggunakan XRF pada koin B.

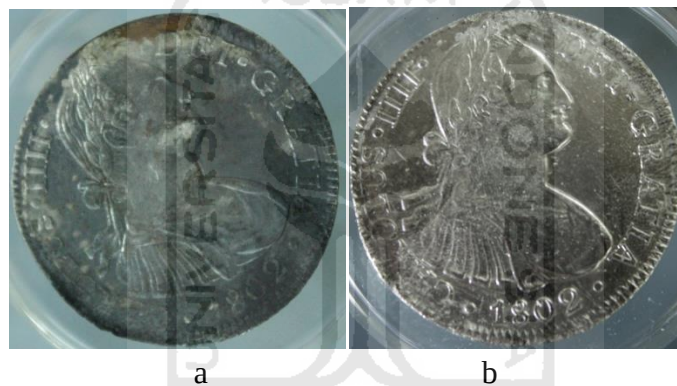
No	Unsur	Sebelum	Sesudah
		%	%
1	Cl	38,521	-
2	Cu	32,338	1,770
3	Ag	14,627	94,230
4	Ca	9,671	-
5	K	2,139	-
6	Al	1,192	1,870
7	SiO ₂	1,224	-
8	Fe	0,299	0,090
9	S	0,287	0,684
10	Bi	0,130	-
11	W	0,124	0,300
12	Pb	0,095	0,050
13	Sn	0,031	-
14	P	0,027	0,990

Tabel 3. dan 4. Menunjukkan karakterisasi permukaan koin perak tinggalan budaya bawah air sebelum dan sesudah pembersihan menunjukkan perbedaan data yang signifikan, dapat dilihat bahwa sebelum deaktivasi unsur terbesar yang terdeteksi berupa unsur Cl. Konsentrasi klorida yang makin tinggi akan semakin meningkatkan kecenderungan terjadinya korosi. Ketika terlarut di dalam air, maka ion klorida akan berubah menjadi asam hipoklorit dan asam klorida yang mana akan menurunkan pH (Anonim, 2016). Unsur yang terdeteksi sebelum proses pembersihan berupa unsur Cl, Ca, Ag, Cu, K, SiO₂, S, Al, Fe, W, Pb, Bi, P, Zr dan Sn. Unsur yang paling dominan yaitu Cl, Ca, Ag dan Cu. Sedangkan unsur yang terdeteksi setelah proses pembersihan berupa Ag dengan persentase yang paling tinggi, sedangkan unsur Ca, Cl, K, SiO₂, Bi, Zr, dan Sn hilang selama

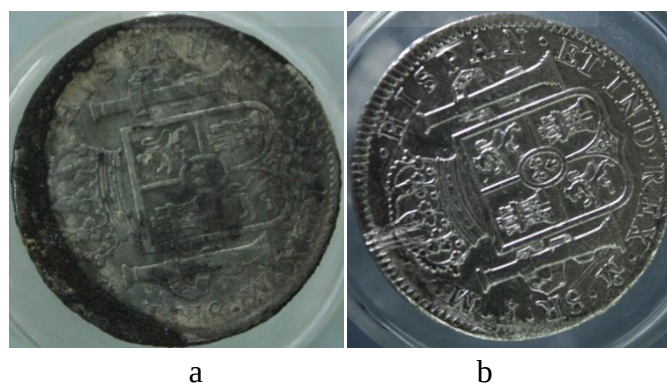
proses pembersihan. Hasil perbedaan ini maka dapat disimpulkan bahwa proses korosi pada obyek telah hilang dan terhenti.



Gambar 24. Koin kelompok A setelah penempelan pasta tampak mengkilap sedangkan koin kelompok B setelah penempelan pasta masih tampak kusam.



Gambar 25. Koin sebelum (a) dan sesudah (b) konservasi.



Gambar 26. Koin sebelum (a) dan sesudah (b) konservasi.

Gambar 25. dan 26. menunjukkan perbedaan yang signifikan dari dua sampel yang berbeda pada material koin perak tinggalan budaya bawah air

sebelum di konservasi (a) dengan koin perak sesudah di konservasi (b). Gambar 25. dan 26. menunjukkan bahwa metode konservasi pada penelitian ini sangat sesuai untuk digunakan dalam konservasi material koin perak tinggalan budaya bawah air, yang ditandai dengan berkurangnya korosi pada permukaan koin perak yang disertai dengan meningkatnya kecemerlangan koin perak tinggalan budaya bawah air.



Gambar 27. Hasil akhir pembersihan logam perak menggunakan larutan buah lerak (a), menggunakan pasta (air jeruk nipis + soda kue) (b)

Gambar 27. Menunjukkan perbandingan hasil penelitian dari Fatmawati (2014) yang menggunakan larutan buah lerak sebagai bahan baku pembersihan logam perak (a) dengan penelitian ini yaitu menggunakan air perasan jeruk nipis dicampur dengan soda kue (b) sehingga membentuk pasta. Kedua penelitian ini sama-sama menggunakan bahan alam namun hasil pembersihan menggunakan pasta (air perasan jeruk nipis dicampur dengan soda kue) memberikan hasil yang lebih cemerlang/mengkilat.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah:

1. Hasil identifikasi material koin perak pada penelitian ini adalah koin perak telah mengalami korosi pasif.
2. Karakterisasi menggunakan *Handy Microscope* pada obyek terlihat adanya patina warna hijau, putih, hitam dan coklat. Hasil dari XRD pada korosi koin perak menunjukkan adanya puncak 2θ pada $32,2^\circ$ dan $46,2^\circ$ yang merupakan puncak dari chlorargyrite. Dari hasil analisis menggunakan XRD mineral jalpaite yang merupakan mineral terbesar. Anatase adalah salah satu dari tiga mineral betuk titanium oksida, dua lainnya adalah brookite dan rutil. Pada pola XRD ditunjukkan oleh puncak difraksi yang kuat pada 25° dan 48° yang menunjukkan TiO_2 dalam fase anatase. Selain itu juga terdapat mineral lainnya seperti Quartz, Stromeyerite, Briartite, Akermanite, Pyrrhotite 3T, Magnetite dan Maghemite. Dari hasil XRF terlihat adanya unsur terbesar pada patina hitam yaitu perak dengan kadar 67,22% sedangkan pada patina putih unsur terbesarnya adalah kalsium dengan kadar 39,95%. Hasil dari SEM tampak dari depan dari lapisan tipis korosi koin perak dengan perbesaran 50 kali, 1000 kali, 2000 kali dan 5000 kali dapat dilihat dengan jelas adanya rongga-rongga dan kerusakan pada material koin perak tinggalan budaya bawah air.

3. Deaktivasi atau pasivasi menggunakan larutan 5% Na_2CO_3 dengan pH 11-13 terbukti dapat menghilangkan konkresi dan korosi pada objek material koin perak tinggalan budaya bawah air. Penggunaan jeruk nipis dan soda kue sebagai bahan perawatan koin perak terbukti sangat bermanfaat menghindari proses korosi. Perawatan ini dimaksudkan untuk memperlambat kerusakan koin perak.

6.2 Saran

Penggunaan jeruk nipis dan soda kue efektif menghilangkan korosi pada koin perak namun kurang efektif dalam segi waktu karena terlalu lama. Diharapkan penelitian selanjutnya dapat menggunakan metode yang lebih efektif terutama dalam segi waktu.

Penelitian lebih lanjut tentang metode-metode konservasi secara tradisional sangat perlu dilakukan sebagai upaya pengurangan limbah kimia.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, H. 2001. *Kimia Unsur dan Radiokimia*. Bandung : PT. Citra Aditya Bakti.
- Adduci, F., Buccolieri, A., Buccolieri, G., Castellano, A., Lorruso, A., Nassisi, V and Vona, F. *Laser Cleaning Applied on a Silver Carlino Coin*.
- Agung, *et al.* 2014. *Karakteristik Batu Penyusun Candi Borobudur*. Jurnal Konservasi Cagar Budaya Borobudur, Vol 8 no 1, hal 48-57.
- Al-Saad, Ziad and Bani Hani, Manar.2008. *Corrosion Behavior and Preservation of Islamic Silver Alloy Coins*. Jordan.
- Anonim. 2014. <http://www.konservasiborobudur.org> (diakses tanggal 25 Agustus 2016).
- Anonim. 2016. <http://eprints.polsri.ac.id/998/3/BAB%20II.pdf> (diakses tanggal 25 Agustus 2016).
- Anonim. 2016. SEM. <http://eprints.uny.ac.id/9552/3/bab%20%20-%2008306144001.pdf> (diakses tanggal 9 Juni 2016)
- Anonim. 2016. XRD. <https://wisuda.unud.ac.id/pdf/1108105015-3-4.%20Chapter%20II.pdf> (diakses tanggal 9 Juni 2016)
- Atkins, P.W. 1999. *Kimia Fisika*. Diterjemahkan oleh Kartahadioprojo Irma I, edisi ke-2. Erlangga. Jakarta.
- Bayuseno, A P. 2009. Analisa Laju Korosi pada Baja Untuk Material Kapal Dengan dan Tanpa Perlindungan Cat. *Jurnal Rotasi Volume 11 Nomor 3 Juli 2009*.
- Budiman dan Asmi, D. 2013. *Sintesis Keramik Kalsium Silikat Menggunakan Kalsium Karbonat (CaCO_3) dan Silikon Dioksida (SiO_2) dengan Teknik Reaksi Padatan pada Suhu Sintering 1200°C* . Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika. Vol. 01, No. 01.
- Cahyandaru, N. 2011. *Metode Penanganan Konservasi Peninggalan Bawah Air*. Yogyakarta.
- Fatmawati, I. 2014. *Efektivitas Buah Lerak (Sapindus Rarak De Candole) sebagai Bahan Pembersih Logam Perak, Perunggu dan Besi*. Jurnal Konservasi Cagar Budaya Borobudur, Vol. 8 No. 2 Hal 24-31.
- Golmohammad, M., Golestanifard, F., Mirhabibi, A. 2016. *Synthesis and Characterization of Maghemite as an Anode for Lithium-Ion Batteries*. Journal Electrochem. Science Vol 11.

- Iriawan, N.R., Munasir., Triwikantoro. 2014. *Sintesis dan Karakterisasi Serbuk SiO₂ dengan Variasi pH dan Molaritas Berbahan Dasar Pasir Bancar, Tuban*. Jurnal Sains dan Seni Pomits Vol. 3, No.1.
- Jamaludin, A dan Adiantoro, D. 2012. *Analisis Kerusakan X-Ray Fluoresence (XRF)*. ISSN 1979-2409
- Kaur, Guneet *et al.*, 2004. *Transformation and Generation of Silver Chloride Nanocrystallites by Aspergillus Terricola*. Spain.
- Khalil, E and Mustofa, M. 2002. *Underwater Archaeology in Egypt*. Internasional Handbook of Underwater Archaeology, Ruppe, C.V and Barstad, F. (eds.), Kluwers Academic/Plenum Plubishers. New York.
- Kriswarini, R., Anggraini, D dan Djamaludin, A. 2010. *Validasi Metode XRF (X-Ray Fluorescence) secara Tunggal dan Simultan untuk Analisis Unsur Mg, Mn, dan Fe dalam Paduan Aluminium*. Seminar Nasional VI SDM Teknologi Nuklir. Yogyakarta
- Lestari, Indah. 2009. *Pengaturan Pelestarian dan Pemanfaatan Benda Cagar Budaya Ditinjau dari UU No. 5 Tahun 1992 dan Konvensi Internasional*. USU Repository.
- Lieberman, H.A., L. Lachman and J.B. Schwart.1992. *Pharmaceutical Dosage Forms Vol 1*. Marcel Dekker Inc. New York.
- Ma, M., Zhang, Y., Yu, W., Shen, H., Zhang, H and Gu, N. 2003. *Preparation and Characterization of Magnetite Nanoparticles Coated by Amino Silane*. Journal Physicochem. Eng. Aspects 212.
- Mufsi, A. 2014. *Pelindungan Cagar Budaya Bawah Air dalam Kajian Analisis Hukum*. Jurnal Konservasi Cagar Budaya Borobudur, Vol 8 no 1, hal 48-57.
- Natullah, R dan Yudoyono, G. 2013. *Karakterisasi Fabrikasi Dye Sensitized Solar Cell (DSCC) pada TiO₂ Fase Anatase dan Rutile*. Jurnal Sains dan Seni Pomits 2(1): 2337-3520.
- Nisma, F., Situmorang, A., dan Wulan, H.A. 2012. *Efektifitas Air Perasan Buah Jeruk Nipis (Citrus aurantiifolia Cristm. & Panzer Swingle) Terhadap Penurunan Kadar Logam Timbal (Pb), Cadmium (Cd) dan Tembaga (Cu) pada Daging Kerang Hijau (Perna viridis L.)*. Jurnal farmasi Vol. 1, No. 5.
- North, N. A., and I. D. MacLeod. 1987. *Corrosion of Metals*. In *Conservation of Marine Archaeological Objects*, edited by C. Pearson, pp. 68-98. Butterworths, London.

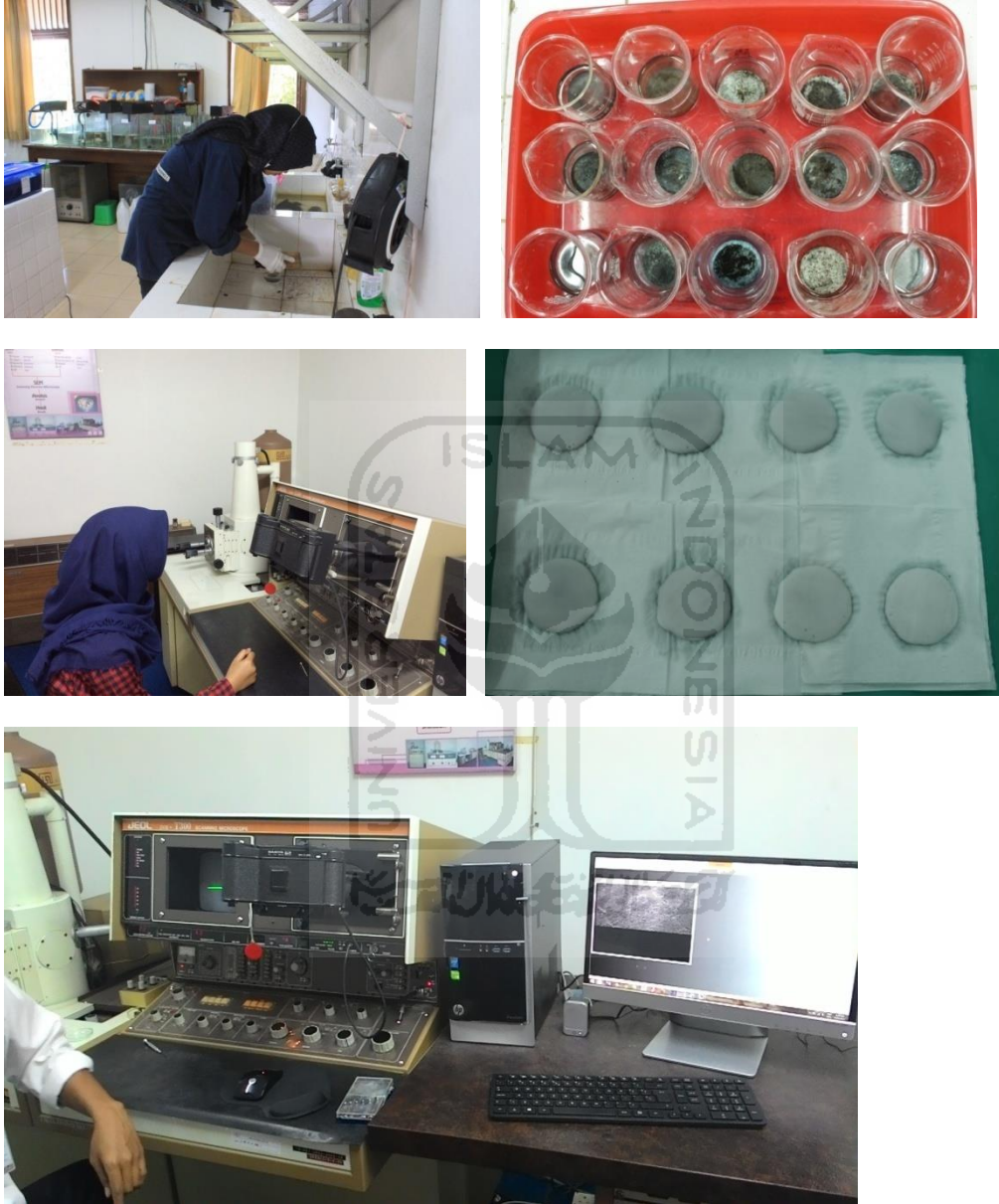
- Organ, R. M. 1955. *The Washing of Treated Bronzes*. *Museums Journal* 55:112-119.
- P. Marcus, V.Maurice. 2000. *Material Sciences and Technolog*, edited by M. Schutze. Vol 19. London, willey VCH. 131-169
- Pinem, Muhamad Daud. 2005. Korosi dan Rekayasa Permukaan. *Jurnal Teknik Simetrika* Volume 4 Nomor 1 April 2005 : 301 – 306.
- Pourbaix, M. 1966. *Atlas of Electrochemical Equilibria in Aqueous Solutions*. Pergamon Press. New York.
- Tanuwijaya, Andri. 2010. Patina. <http://patina.html> (Diakses tanggal 25 Agustus 2016).
- Thamaphat, K., Limsuwan, P and Ngotawornchai, B. 2008. *Phase Characterization of TiO₂ Powder by XRD and TEM*. *Kasetsart J. (Nat. Sci)* 42: 357-361.
- Tjahjanto, R.T dan Gunlazuardi, J. 2001. *Preparasi Lapisan Tipis TiO₂ Sebagai Fotokatalis Keterkaitan Antara Ketebalan dan Aktivitas Fotokatalis*. *Makara. Jurnal Penelitian Universitas Indonesia* 5(2):81-91.
- Trots, D.M., Mikhailova, D.A and Fuess, H. *High Temperature Phase Transition and Thermal Expansion of Jalpaite, Ag₃CuS₂*.
- Turner, J. 2011. *Sejarah Rempah: Dari Erotisme Sampai Imprealisme*. Komunitas Bambu. Depok.
- U.S. Congress, Office of Technology Assessment. 1987. *Technologies For Underwater Archaeology and Maritime Preservation*. Background paper, OTA-BP-E-37. U.S. Government Printing Office. Washington D.C
- Viljus, Aive and Viljus, Mart. 2012. *The Conservation of Early Post-Medieval Period Coins Found in Estonia*. *Journal of Conservation and Museum Studies* 10(2), 30-44
- Vlack, Van dan H. Lawrence. 1991. *Ilmu dan Teknologi Bahan (Ilmu Baja dan Bukan Baja)* 5th ed. Erlangga.
- Wahyuni, S dan Atmaja, Y. 2013. *Konservasi Koleksi Tinggalan Kolonial di Pulau Morotai (Maluku Utara)*. *Jurnal Konservasi Cagar Budaya Borobudur*, Vol 7, Nomor 2, Hal 71-81.
- Warren, E. 1969. *X-Ray Diffraction*. Addittion-wesley pub. Messachssetfs.
- Widia, S.L., Pangemanan, D.H.C., dan Hutagalung, B.S.P. 2015. *Uji Efektifitas Perasan Air Jeruk Nipis (Citrus aurantifolia S) Terhadap Pertumbuhan Bakteri Staphylococcus aureus Secara Invitro*. *Jurnal Ilmiah Farmasi-UNSRAT* Vol. 4 No. 4. ISSN 2302-2493.

- Widjajanti, E.L. 2006. *Pasivasi sebagai Pengendali Korosi Logam*. Jurdik Kimia FMIPA UNY.
- Widyawati, N. 2012. *Analisa Pengaruh Heating Rate terhadap tingkat Kristal dan Ukuran Butir Lapisan BZT yang Ditumbuhkan dengan Metode Sol Gel*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Winarno, F.G.2002. *Kimia Pangan dan Gizi*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.

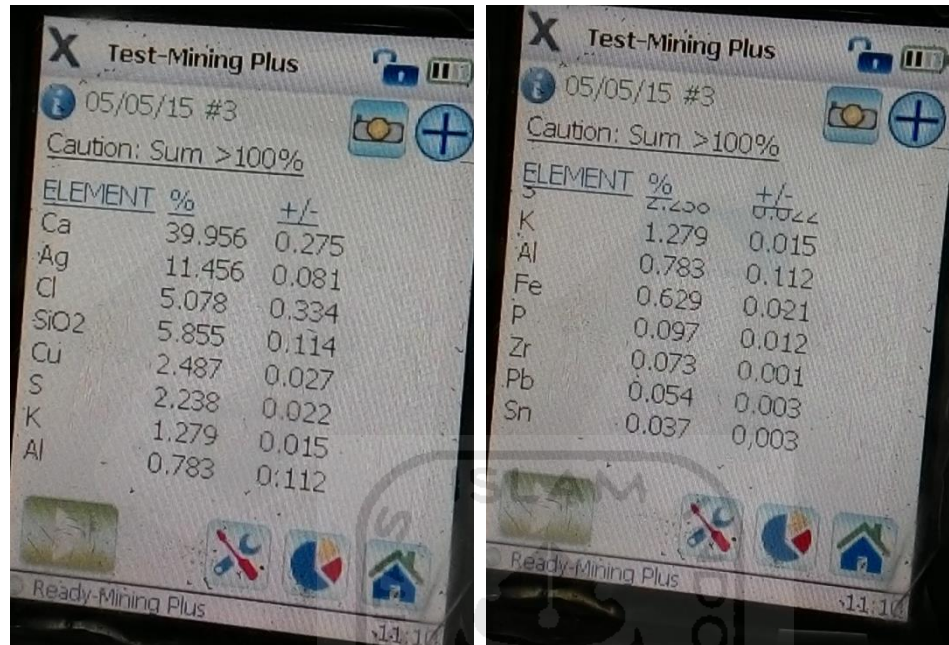


LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi proses konservasi



Lampiran 2. Data Hasil X-ray Flourescence serbuk korosi putih dari koin perak tinggalan bawah air



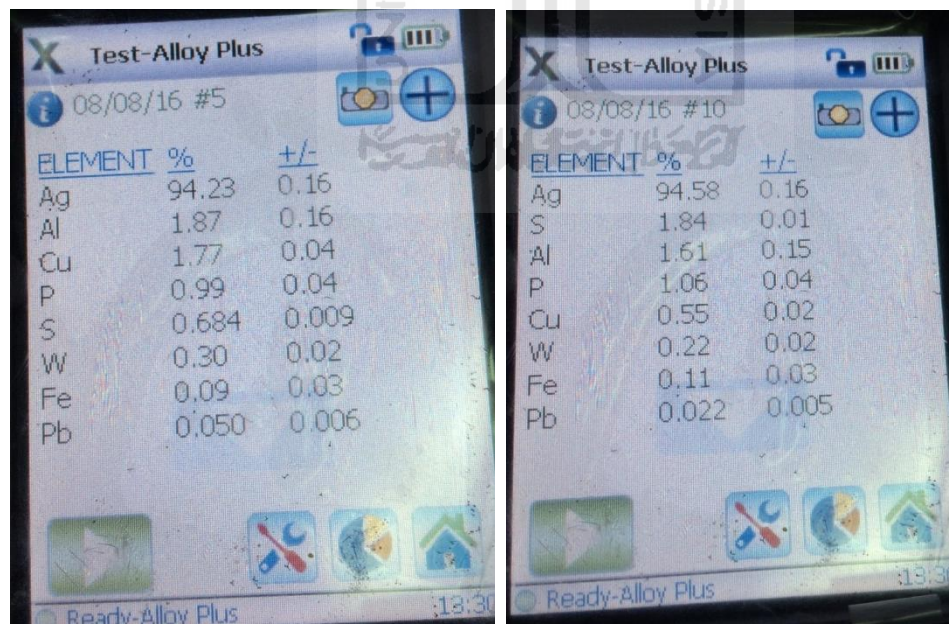
Test-Mining Plus
05/05/15 #3
Caution: Sum >100%

ELEMENT	%	+/-
Ca	39.956	0.275
Ag	11.456	0.081
Cl	5.078	0.334
SiO ₂	5.855	0.114
Cu	2.487	0.027
S	2.238	0.022
K	1.279	0.015
Al	0.783	0.112

Test-Mining Plus
05/05/15 #3
Caution: Sum >100%

ELEMENT	%	+/-
S	2.238	0.022
K	1.279	0.015
Al	0.783	0.112
Fe	0.629	0.021
P	0.097	0.012
Zr	0.073	0.001
Pb	0.054	0.003
Sn	0.037	0.003

Lampiran 3. Data Hasil X-ray Flourescence permukaan korosi koin perak tinggalan bawah air sesudah dipasivasi



Test-Alloy Plus
08/08/16 #5

ELEMENT	%	+/-
Ag	94.23	0.16
Al	1.87	0.16
Cu	1.77	0.04
P	0.99	0.04
S	0.684	0.009
W	0.30	0.02
Fe	0.09	0.03
Pb	0.050	0.006

Test-Alloy Plus
08/08/16 #10

ELEMENT	%	+/-
Ag	94.58	0.16
S	1.84	0.01
Al	1.61	0.15
P	1.06	0.04
Cu	0.55	0.02
W	0.22	0.02
Fe	0.11	0.03
Pb	0.022	0.005