

**KAEDAH PENGESANAN DAN PERLINDUNGAN TEMBAGA DARIPADA  
SERANGAN MAKHLUK PEROSAK: INOVASI DAN KAJIAN  
KEBERKESANAN DALAM PEMELIHARAAN**

**NUR AIN NABIHAH BINTI SUHARIA@SUHAIRI**

UNIVERSITI

MALAYSIA

**IJAZAH SARJANA MUDA PENGAJIAN WARISAN**

**DENGAN KEPUJIAN**

**2023**

**KAEDAH PENGESANAN DAN PERLINDUNGAN TEMBAGA DARIPADA  
SERANGAN MAKHLUK PEROSAK: INOVASI DAN KAJIAN  
KEBERKESANAN DALAM PEMELIHARAAN**

**Oleh**

**NUR AIN NABIHAH BINTI SUHARIA@SUHAIRI**

**Laporan ini dihantar bagi memenuhi kehendak Ijazah Sarjana Muda Pengajian**

**Warisan dengan Kepujian**

UNIVERSITI

MALAYSIA

**Fakulti Teknologi Kreatif dan Warisan**

UNIVERSITI MALAYSIA KELANTAN

**2023**

## PERAKUAN TESIS

Saya dengan ini memperakukan bahawa kerja yang terkandung dalam tesis ini adalah hasil penyelidikan yang asli dan tidak pernah dikemukakan oleh ijazah tinggi kepada mana-mana Universiti atau institusi.

TERBUKA

Saya bersetuju bahawa tesis ini boleh didapati sebagai naskah keras atau akses terbuka dalam talian (teks penuh).

SULIT

(Mengandungi maklumat sulit di bawah Akta Rahsia Rasmi 1972)\*

TERHAD

(Mengandungi maklumat terhad yang ditetapkan oleh organisasi di mana penyelidikan dijalankan)\*

Saya mengakui bahawa Universiti Malaysia Kelantan mempunyai hak berikut:

1. Tesis adalah hak milik Universiti Malaysia Kelantan.
2. Perpustakaan Universiti Malaysia Kelantan mempunyai hak untuk membuat salinan tujuan pengajian sahaja.
3. Perpustakaan dibenarkan membuat salinan tesis ini sebagai bahan pertukaran antara institusi pengajian.

Disediakan oleh: *Ain*

Disahkan oleh:

(Nur Ain Nabihah binti Suharia @  
Suhairi)

(Pn. Nur Athmar Hashim)

Tarikh:

Tarikh: 15 Februari 2024

## PENGHARGAAN

Dengan nama Allah yang Maha Pemurah lagi Maha Penyayang. Segala puji bagi Allah, Tuhan sekalian alam. Selawat dan salam diucapkan kepada junjungan besar Nabi Muhammad (s.a.w), serta seluruh ahli keluarga dan para sahabat Baginda. Alhamdulillah, syukur dengan izin Allah saya dapat menyiapkan projek penyelidikan ini bagi melengkapkan semester pengajian saya di peringkat Ijazah Sarjana. Pada kesempatan ini, setinggi-tinggi penghargaan dan ucapan terima kasih yang tidak terhingga diucapkan kepada Puan Nur Athmar Binti Hashim selaku penyelia saya dalam subjek projek penyelidikan. Beliau banyak memberi bimbingan serta tunjuk ajar dari segi fizikal dan mental sepanjang saya melaksanakan kajian ini. Saya juga amat menghargai jasa beliau yang telah memberi banyak sokongan kepada saya berbentuk curahan ilmu dan masa yang beliau luangkan. Tanpa sokongan dan dorongan kata semangat dari beliau, mungkin saya tidak akan berjaya melengkapkan projek penyelidikan ini dengan baik. Selain itu, ucapan terima kasih saya tujukan kepada pihak muzium negeri Terengganu dalam memberi kerjasama dan sumbangan maklumat sepanjang saya melaksanakan kajian lapangan. Di samping itu, ucapan terima kasih juga diucapkan kepada rakan-rakan seperjuangan serta ibu bapa saya yang banyak membantu dan memberi dorongan nasihat kepada saya dalam membangkitkan lagi semangat saya sewaktu menyiapkan projek penyelidikan ini. Akhir sekali, saya berharap agar segala sokongan serta hasil kerjasama yang telah diberikan oleh semua pihak akan membuahkan hasil yang baik di masa hadapan serta dengan harapan akan beroleh kejayaan. In shaa Allah. semoga Allah (s.w.t) menghendakinya. Aamiin Ya Rabbal Aa'lamiiin. Sekian sahaja daripada saya, terima kasih.

## ISI KANDUNGAN

<b>PERAKUAN TESIS</b> .....	<b>iii</b>
<b>PENGHARGAAN</b> .....	<b>iv</b>
<b>ISI KANDUNGAN</b> .....	<b>v</b>
<b>SENARAI RAJAH</b> .....	<b>ix</b>
<b>SENARAI JADUAL</b> .....	<b>x</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>xi</b>
<b>BAB 1: PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Pengenalan .....	1
1.2 Latar belakang kajian .....	2
1.3 Permasalahan kajian .....	4
1.3.1 Kekurangan kaedah pengesanan dan perlindungan tembaga yang efektif dan lestari: .....	4
1.3.2 Keterbatasan pengetahuan mengenai makhluk perosak dan mekanisme serangan mereka: .....	4
1.3.3 Kekurangan penyelidikan mengenai inovasi dan teknologi baru dalam pengesanan dan perlindungan tembaga: .....	4
1.4 Persoalan kajian.....	5
1.4.1 Bagaimanakah keberkesanan kaedah pengesanan dan perlindungan tembaga sedia ada dalam menghadapi serangan makhluk perosak, dan adakah terdapat ruang untuk penambahbaikan? .....	5
1.4.2 Apakah jenis-jenis makhluk perosak yang menyerang tembaga, bagaimana mekanisme serangan mereka, dan bagaimana pengetahuan ini boleh digunakan untuk menghasilkan strategi pemeliharaan dan perlindungan yang lebih baik? ....	5
1.4.3 Bagaimanakah inovasi dan teknologi baru dalam bidang pengesanan dan perlindungan tembaga dapat meningkatkan keberkesanan pemeliharaan, dan apakah kesan jangka panjang mereka terhadap tembaga dan alam sekitar? .....	5
1.5 Objektif kajian.....	5
1.5.1 Menilai keberkesanan kaedah pengesanan dan perlindungan tembaga sedia ada dalam menghadapi serangan makhluk perosak dan mengenal pasti kelemahan atau kekurangan dalam pendekatan semasa. ....	6

1.5.2 Mengkaji jenis-jenis makhluk perosak yang menyerang tembaga, mekanisme serangan mereka, dan menghasilkan strategi pemeliharaan dan perlindungan yang lebih efektif. ....	6
1.5.3 Menggali potensi inovasi dan teknologi baru dalam bidang pengesanan dan perlindungan tembaga untuk meningkatkan keberkesanan pemeliharaan, serta menilai kesan jangka panjang mereka terhadap tembaga dan alam sekitar. ....	6
1.6 Skop kajian.....	6
1.7 Lokasi kajian .....	7
1.8 Kepentingan kajian.....	8
1.9 Huraian bab .....	10
<b>BAB 2: KAJIAN LITERATUR.....</b>	<b>13</b>
2.1 Pengenalan .....	13
2.2 Sejarah dan kegunaan tembaga .....	13
2.2.1 Zaman Prasejarah .....	14
2.2.2 Kerajaan Awal .....	14
2.2.3 Pengaruh peradaban Luar .....	15
2.3 Tembaga dan sifat-sifatnya .....	18
2.4 Kerosakan umum pada tembaga .....	20
2.4.1 Patina .....	20
2.5 Jenis makhluk yang menyerang tembaga.....	22
2.5.1 Siput air.....	23
2.5.2 Mikroorganisma.....	23
2.5.3 Serangga pemakan kayu .....	23
2.6 Kaedah pengesanan dan perlindungan serangan makhluk perosak. ....	24
2.6.1 Pemeriksaan Visual .....	24
2.6.2 Pemantauan persekitaran .....	24
2.7 Teknologi inovatif dan kaedah alternatif dalam perlindungan tembaga. ....	26
2.7.1 Teknologi inovatif .....	26
2.7.2 Kaedah alternatif.....	29
2.8 Kajian terdahulu .....	30
2.8.1 Dexter, S. C. (2003). “Microbiologically influenced corrosion” .....	30

2.8.2 Szakalos, P., Hultquist, G., & Wikmark, G. (2007). “Corrosion of copper by water” .....	31
2.8.3 Thickett, D., Chisholm, R., & Lankester, P. (2013). Development of damage functions for copper, silver and enamels on copper.....	32
2.9 Rumusan bab .....	32
<b>BAB 3: METODOLOGI KAJIAN.....</b>	<b>34</b>
3.1 Pengenalan .....	34
3.2 Reka bentuk kajian .....	34
3.3 Kaedah pengumpulan data .....	35
3.3.1 Kualitatif.....	35
3.4 Analisis data .....	38
3.5 Rumusan bab .....	39
<b>BAB 4: ANALISIS DATA.....</b>	<b>40</b>
4.1 Pengenalan .....	40
4.2 Hasil temuan jenis kerosakan yang menyerang tembaga.....	41
4.2.1 Siput air.....	41
4.3 Keberkesanan kaedah pengesanan dan perlindungan serangan makhluk perosak pada tembaga.....	43
4.3.1 Pemeriksaan visual .....	43
4.3.2 Pemantauan persekitaran .....	47
4.4 Cadangan teknologi inovatif dan keberkesanan kaedah alternatif dalam perlindungan tembaga. ....	50
4.4.1 Teknologi inovatif bagi artifak tembaga .....	50
4.4.2 Teknologi inovatif bagi struktur tembaga di bawah air.....	53
4.4.3 Kaedah alternatif.....	55
4.5 Perbandingan kaedah terdahulu dengan teknologi inovatif .....	58
4.5.1 <i>Hygrometer</i> dan <i>Thermohygrometer IoT</i> .....	58
4.5.2 Pembersihan manual dan sistem <i>anti-fouling</i> .....	61
<b>BAB 5: RUMUSAN, CADANGAN DAN INTERPRETASI.....</b>	<b>66</b>
5.1 Pengenalan .....	66
5.1.1 Rumusan kajian .....	66

5.2 Interpretasi data.....	67
5.3 Cadangan.....	68
5.3.1 Program pendidikan dan kesedaran.....	69
5.3.2 Sumber Pembelajaran Dalam Talian.....	70
5.3.3 Media massa.....	70
5.4 Kesimpulan.....	71
<b>RUJUKAN.....</b>	<b>xiii</b>
<b>GLOSARI.....</b>	<b>xvii</b>
<b>INDEKS.....</b>	<b>xx</b>
<b>APPENDIX.....</b>	<b>xxii</b>



**SENARAI RAJAH****MUKA SURAT**

Rajah 1.1 Muzium Negeri Terengganu.....	8
Rajah 2.1 Kendi tembaga.....	17
Rajah 2.2 Kesan patina pada syiling.....	22
Rajah 3.1 Carta alir kaedah kualitatif.....	35
Rajah 3.2 Sesi temu bual bersama En. Mohd Arif.....	37
Rajah 4.1 Mikroskop Digital.....	44
Rajah 4.2 Pita pengukur.....	46
Rajah 4.3 Contoh bacaan alat <i>Thermohygrometer</i> graf.....	48
Rajah 4.4 Contoh <i>Thermohygrometer</i> graf berasaskan IoT.....	52
Rajah 4.5 Penggunaan sistem anti-fouling pada kapal laut.....	53
Rajah 4.6 Contoh silika gel.....	56
Rajah 4.7 Alat <i>Hygrometer</i> .....	59

**SENARAI JADUAL**

**MUKA SURAT**

Jadual 4.1 kelebihan dan kekurangan Thermohyrometer graf.....48

Jadual 4.2 Kelebihan dan kekurangan Thermohyrometer berasaskan IoT.....51

Jadual 4.3 kelebihan dan kekurangan bahan anti-fouling.....54

Jadual 4.4 Kelebihan dan kekurangan silika gel.....55

Jadual 4.5 Perbandingan *Hygrometer* dan *Thermohyrometer IoT*.....59

Jadual 4.6 Perbandingan Pembersihan manual dan *anti-fouling*.....63



**KAEDAH PENGESANAN DAN PERLINDUNGAN TEMBAGA DARIPADA  
SERANGAN MAKHLUK PEROSAK: INOVASI DAN KAJIAN  
KEBERKESANAN DALAM PEMELIHARAAN**

**ABSTRAK**

Bagi memenuhi keperluan sukatan tahun akhir bagi kursus Pengajian Warisan, suatu kajian telah dijalankan iaitu berkenaan kaedah pengesanan dan perlindungan tembaga daripada serangan makhluk perosak. Dalam menghasilkan kajian ini, terdapat tiga objektif yang menjadi tujuan iaitu menilai keberkesanan kaedah pengesanan dan perlindungan tembaga, mengkaji jenis-jenis makhluk perosak yang menyerang tembaga serta menggali potensi inovasi dan teknologi baru dalam bidang pengesanan dan perlindungan terhadap tembaga. Melalui hasil kerjasama dengan pihak muzium negeri Terengganu, pengkaji dapat membuat analisis serta menilai kaedah keberkesanan yang sesuai terhadap tembaga daripada serangan makhluk perosak. Metodologi yang digunakan dalam penghasilan kajian ini, dapat memudahkan pengkaji memperoleh pelbagai maklumat dan data. Akhir sekali, kajian ini dijalankan bertujuan untuk memberi pendedahan kepada masyarakat di luar sana mengenai kaedah pengesanan dan perlindungan tembaga daripada serangan makhluk perosak serta dalam masa yang sama mencari potensi inovasi dan teknologi baru dalam meningkatkan keberkesanan pemeliharaan terhadap tembaga.

**METHODS OF DETECTION AND PROTECTION OF COPPER FROM PEST  
ATTACKS: INNOVATION AND STUDY OF EFFECTIVENESS IN  
PRESERVATION**

**ABSTRACT**

In order to fulfill the requirements of the final year syllabus for the Heritage Studies course, a research was conducted on methods of detecting and protecting copper from pest attacks. In producing this study, there are three objectives that are the purpose of this research which is to evaluate the effectiveness of copper detection and protection methods, studying the types of pests that attack copper as well as exploring the potential for innovation and new technology in the field of copper detection and protection. Through collaboration with the Kelantan state museum and the Terengganu state museum, researchers were able to analyze and evaluate the appropriate effectiveness of copper against pest attacks. The methodology used in the production of this study can facilitate the researcher to obtain various information and data. Finally, this study was conducted with the aim of giving exposure to the community out there about methods of detecting and protecting copper from pest attacks and at the same time looking for potential innovation and new technology in increasing the effectiveness of copper preservation.

## BAB 1

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Pengenalan

Kajian ini bertujuan untuk meneroka inovasi dan kaedah-kaedah yang berkesan dalam mengesan dan melindungi tembaga daripada serangan makhluk perosak. Tembaga boleh dikategorikan sebagai salah satu logam yang kerap digunakan dalam pelbagai bidang, termasuk industri, seni, dan binaan. Walau bagaimanapun, tembaga boleh menjadi mangsa kepada serangan makhluk perosak seperti mikroorganisma, serangga, dan haiwan pengerat. Serangan ini boleh menyebabkan kerosakan, pengurangan kualiti, dan kehilangan nilai ekonomi dan warisan budaya.

Dalam konteks ini, pemeliharaan tembaga merupakan antara aspek penting yang perlu difokuskan dan diberi perhatian, terutamanya dalam usaha untuk melindungi sumber daya dan warisan budaya yang berkaitan dengannya. Oleh itu, kajian ini akan memberi tumpuan kepada pengenalan inovasi dan kaedah-kaedah terkini dalam menghadapi cabaran ini, serta menilai keberkesanan mereka dalam melindungi tembaga daripada serangan makhluk perosak.

Akhir sekali, kajian ini akan meninjau teknologi terkini, bahan kimia, dan kaedah fizikal yang digunakan untuk mengesan dan menghalang serangan makhluk perosak, serta mengkaji strategi pemeliharaan dan pengurusan yang diperlukan untuk melindungi tembaga. Selain itu, kajian ini juga akan mengkaji kesan daripada penggunaan kaedah-kaedah ini terhadap alam sekitar dan kesihatan manusia, serta mencari pendekatan yang lebih lestari dan mesra alam dalam memelihara tembaga.

Tuntasnya, pengkaji berharap agar kajian ini dapat menyumbangkan hasil berbentuk maklumat dan panduan kepada masyarakat di luar sana terutama pihak pengurusan muzium dalam memelihara dan mengurus objek warisan ketara seperti tembaga agar terhindar daripada serangan makhluk perosak.

## **1.2 Latar belakang kajian**

Tembaga terdiri daripada bahan bukan organik iaitu merupakan sebuah logam berwarna coklat kemerahan yang tergolong sebagai salah satu bahan unsur kimia bersifat kuprum. Tembaga boleh dikelaskan bersama-sama perak dan emas, di mana kesemuanya bersifat konduksi elektrik dan haba yang baik, serta bersifat antibakteria. Kebanyakan logam seperti tembaga wujud dalam bentuk pepejal. Setakat ini, tembaga telah digunakan dalam pelbagai artifak seperti peralatan elektrik, barang kemas, kutleri, syiling dan patung. Justeru itu, tembaga wajar dipelihara kerana ia turut membawa kepentingan dalam pelbagai bidang seperti industri, seni dan binaan. Sehubungan dengan itu, pemeliharaan terhadap tembaga perlu diambil berat agar menjadi aspek penting dalam memastikan kelestarian sumber daya ini. Antara bentuk pemeliharaan yang boleh dilakukan adalah dengan mengesan dan mengawal kemungkinan aktiviti serangan makhluk perosak terhadap tembaga.

Untuk pengetahuan, makhluk perosak merupakan haiwan yang boleh memberi impak yang buruk kepada sesuatu objek. Ringkasnya, makhluk perosak adalah haiwan yang bersifat hidup melata dan sering membuat kerosakan pada tempat yang dihinggapinya. Jika tembaga tidak dijaga dengan baik, ia boleh terdedah kepada pelbagai ancaman dan serangan makhluk perosak termasuk mikroorganisma, serangga,

dan haiwan pengerat. Serangan ini boleh menyebabkan kerosakan serta kehilangan nilai ekonomi dan warisan budaya terhadap tembaga itu sendiri.

Oleh kerana demikian, dalam menghadapi ancaman makhluk perosak terhadap tembaga, ia memerlukan inovasi serta penggunaan kaedah baru yang lebih efisien dan lestari. Ia juga mengambil kira pelbagai proses dan strategi tertentu dalam kegiatan menghalang dan mengawal isu makhluk-makhluk perosak tanpa membawa risiko yang berbahaya terutamanya kepada pekerja, pelawat dan keselamatan koleksi.

Terdapat keperluan untuk mengkaji teknologi, bahan kimia, dan kaedah fizikal yang digunakan dalam mengesan dan menghalang serangan makhluk perosak. Sehubungan dengan itu, dari segi penggunaan kaedah pengesanan dan perlindungan terhadap tembaga, kesan yang mungkin akan terjadi perlu diambil kira terlebih dahulu agar tidak memberi impak serta kesan yang buruk terhadap alam sekitar dan kesihatan manusia. Sehubungan dengan itu, dengan pelaksanaan kajian ini, ia sekaligus memainkan peranan sebagai medium bagi pengkaji untuk mencari pendekatan yang lebih lestari dan mesra alam dalam memelihara tembaga.

Dari segi strategi pemeliharaan dan pengurusan, perlindungan terhadap tembaga wajar diambil tindakan, susulan daripada kurangnya keberkesanan daripada pelbagai pihak terutamanya pihak muzium dalam mengawal dan mencegah kehadiran makhluk perosak. Melindungi tembaga daripada serangan makhluk perosak bukan hanya melibatkan penggunaan teknologi dan kaedah baru, tetapi juga memerlukan strategi pemeliharaan dan pengurusan yang efektif. Oleh itu, kajian ini akan mengkaji bagaimana strategi-strategi ini dapat diperbaiki untuk meningkatkan perlindungan terhadap tembaga.

### **1.3 Permasalahan kajian**

Permasalahan kajian merupakan suatu isu yang timbul sewaktu melaksanakan kajian penyelidikan. Antara permasalahan yang dikenalpasti oleh pengkaji adalah;

#### **1.3.1 Kekurangan kaedah pengesanan dan perlindungan tembaga yang efektif dan lestari:**

Terdapat kekurangan kaedah pengesanan dan perlindungan tembaga yang efektif dan lestari untuk menghadapi ancaman makhluk perosak (Ismail, M., & Yusoff, N., 2018). Kaedah yang sedia ada mungkin tidak mencukupi atau mempunyai impak yang buruk terhadap kesihatan manusia dan alam sekitar.

#### **1.3.2 Keterbatasan pengetahuan mengenai makhluk perosak dan mekanisme serangan mereka:**

Pengetahuan mengenai makhluk perosak yang menyerang tembaga dan mekanisme serangan mereka masih terbatas (Razak, A., Ahmad, S., & Mohamad, H., 2020). Keterbatasan ini menghalang pembangunan strategi pemeliharaan dan perlindungan yang lebih baik.

#### **1.3.3 Kekurangan penyelidikan mengenai inovasi dan teknologi baru dalam pengesanan dan perlindungan tembaga:**

Walaupun terdapat beberapa inovasi dan teknologi baru dalam bidang ini, masih terdapat kekurangan penyelidikan mengenai keberkesanan dan kesan mereka dalam jangka panjang (Sulaiman, Z., & Ibrahim, R., 2019). Kajian yang lebih mendalam diperlukan untuk menilai potensi teknologi dan kaedah baru dalam melindungi tembaga daripada serangan makhluk perosak.



#### **1.4 Persoalan kajian**

Terdapat beberapa persoalan yang disenaraikan untuk mencapai objektif bagi tajuk kajian. Antara persoalan kajian yang telah dikeluarkan oleh pengkaji iaitu;

1.4.1 Bagaimanakah keberkesanan kaedah pengesanan dan perlindungan tembaga sedia ada dalam menghadapi serangan makhluk perosak, dan adakah terdapat ruang untuk penambahbaikan?

1.4.2 Apakah jenis-jenis makhluk perosak yang menyerang tembaga, bagaimana mekanisme serangan mereka, dan bagaimana pengetahuan ini boleh digunakan untuk menghasilkan strategi pemeliharaan dan perlindungan yang lebih baik?

1.4.3 Bagaimanakah inovasi dan teknologi baru dalam bidang pengesanan dan perlindungan tembaga dapat meningkatkan keberkesanan pemeliharaan, dan apakah kesan jangka panjang mereka terhadap tembaga dan alam sekitar?

#### **1.5 Objektif kajian**

Untuk mencapai matlamat kajian ini, terdapat tiga objektif terhadap kajian yang telah disenaraikan oleh pengkaji, antaranya;

1.5.1 Menilai keberkesanan kaedah pengesanan dan perlindungan tembaga sedia ada dalam menghadapi serangan makhluk perosak dan mengenal pasti kelemahan atau kekurangan dalam pendekatan semasa.

1.5.2 Mengkaji jenis-jenis makhluk perosak yang menyerang tembaga, mekanisme serangan mereka, dan menghasilkan strategi pemeliharaan dan perlindungan yang lebih efektif.

1.5.3 Menggali potensi inovasi dan teknologi baru dalam bidang pengesanan dan perlindungan tembaga untuk meningkatkan keberkesanan pemeliharaan, serta menilai kesan jangka panjang mereka terhadap tembaga dan alam sekitar.

## **1.6 Skop kajian**

Skop kajian adalah suatu pelaksanaan yang perlu dilakukan dengan teliti dan sistematik dalam menyiapkan kajian. Ia tidak lain tidak bukan, bertujuan untuk merancang serta memastikan sesuatu penyelidikan dapat dilakukan dengan teratur dan memenuhi keperluan kajian. Dalam kajian ini, pengkaji akan memberi fokus terhadap beberapa skop kajian. Pertama, adalah berkaitan jenis-jenis makhluk perosak. Penyelidikan ini termasuk mengenal pasti dan mengetahui makhluk perosak yang menyerang tembaga seperti ciri-ciri kebiasaan, dan mekanisme serangan mereka.

Seterusnya dalam bab ini, pengkaji akan mengenal pasti beberapa kaedah pengesanan dan perlindungan tembaga daripada serangan makhluk perosak. Kajian ini merangkumi kepelbagaian teknik dan alat yang akan digunakan untuk mengesan kehadiran makhluk perosak yang menyerang tembaga, serta mengkaji keberkesanan dan kelemahan teknik tersebut.

Selain itu, pengkaji juga akan merancang beberapa strategi pengesanan dan perlindungan terhadap tembaga. Ia merangkumi penyelidikan pendekatan, bahan, dan teknologi yang digunakan dalam perlindungan tembaga daripada serangan makhluk perosak, serta dalam masa yang sama mengkaji potensi inovasi dan teknologi baru dalam bidang ini.

Melalui kajian ini, pengkaji akan menilai beberapa kaedah pengesanan dan perlindungan, serta kesan jangka panjang mereka terhadap tembaga. Dalam pada itu, pengkaji juga turut menyatakan fungsi penggunaan diikuti dengan perbandingan kelebihan dan kekurangan antara kaedah terdahulu dan teknologi inovatif.

Akhir sekali, pengkaji akan menyarankan kaedah yang lebih sesuai digunakan bagi pemeliharaan serangan makhluk perosak terhadap tembaga mengikut pemerhatian dan kesannya terhadap hidupan dan alam sekitar.

### **1.7 Lokasi kajian**

Lokasi kajian ini dijalankan di Muzium Negeri Terengganu (Rajah 1.7). Hal ini kerana, lokasi kajian dipilih berdasarkan jarak yang mudah dicapai oleh pengkaji.

Selain itu, pengkaji juga memilih lokasi kajian Muzium Negeri Terengganu disebabkan muzium tersebut mempunyai banyak info yang mudah didapati di ruang makmal pemuliharaan dibawahnya beserta memiliki pegawai yang berpengetahuan dalam sektor konservasi tembaga.



Rajah 1.1 Muzium Negeri Terengganu

Sumber: Laman web

### **1.8 Kepentingan kajian**

Melalui hasil kajian ini, pengkaji memasang harapan agar ianya dapat menyumbang dan memberi sedikit sebanyak maklumat, tidak kira dari pelbagai sudut.

Dari sudut pengetahuan asas, kajian ini akan meningkatkan pemahaman tentang interaksi antara tembaga dan makhluk perosak, serta cara-cara terbaik untuk mengesan dan melindungi tembaga daripada serangan mereka. Pengetahuan ini penting untuk memastikan kelestarian tembaga dan menjaga nilai sejarah dan budaya bahan tersebut.

Selain itu, dari sudut inovasi dan teknologi, kajian ini akan membantu dalam mengenal pasti teknologi baru dan inovatif yang boleh digunakan dalam proses pemeliharaan dan perlindungan tembaga. Hal ini akan membuka peluang untuk

penggunaan teknologi canggih dalam bidang pemeliharaan, yang akan meningkatkan keberkesanan dan kecekapan perlindungan.

Berhubung dengan itu, kajian ini juga dapat memberikan kepentingan dari sudut peningkatan keberkesanan pemeliharaan. Justeru itu, dengan mengkaji kaedah dan teknologi yang berbeza, kajian ini akan menyumbang kepada peningkatan keberkesanan dalam proses pemeliharaan tembaga. Hasilnya, usaha pemeliharaan akan lebih berkesan dalam melindungi tembaga daripada serangan makhluk perosak, menjaga kelestarian dan keawetan bahan tersebut.

Dari sudut konservasi warisan budaya, tembaga adalah merupakan bahan yang penting dalam sejarah dan budaya manusia. Melalui kajian ini, peningkatan pemeliharaan dan perlindungan tembaga, ia akan membantu memastikan kelestarian warisan budaya dan pengkalan nilai sejarah yang terkait dengan bahan ini.

Akhir sekali, dari sudut kelestarian alam sekitar pula, kajian ini akan turut membantu dalam mengurangkan kesan negatif pemeliharaan tembaga terhadap alam sekitar. Dengan mengenal pasti dan menggunakan teknologi dan kaedah yang lebih mesra alam, kajian ini akan membantu mengurangkan pencemaran dan kesan lain yang berkaitan dengan pemeliharaan tembaga.

## **1.9 Huraian bab**

### **Bab 1: Pendahuluan**

Dalam bab 1 ini, pengkaji akan memberi fokus terhadap struktur pelaksanaan kajian yang akan dilakukan. Kajian ini dilaksanakan bertujuan untuk menerangkan secara lebih terperinci mengenai kaedah pengesanan dan perlindungan tembaga daripada serangan makhluk perosak. Melalui kajian ini juga, kita dapat menggali inovasi dan kajian mengenai keberkesanan dalam pemeliharaan terhadap tembaga. Tuntasnya, melalui bab 1 ini, pengkaji telah menumpukan perhatian terhadap latar belakang, permasalahan, persoalan, objektif, skop, lokasi, kepentingan kajian serta metodologi umum yang telah dikenalpasti sewaktu melaksanakan kajian. Kajian ini juga melibatkan kaedah perolehan data dalam menetapkan dan mengenal pasti permasalahan dan objektif kajian. Ia bertujuan untuk memudahkan pengkaji membuat perancangan lebih awal dalam menjalankan kajian ini.

### **Bab 2: Kajian literatur**

Dalam bab 2 ini, pengkaji akan menerangkan secara lebih lanjut mengenai kajian literatur yang telah dilaksanakan untuk mengenal pasti kaedah pengesanan yang efektif terhadap tembaga daripada serangan makhluk perosak. Kajian literatur ini meliputi pelbagai aspek, antaranya mengenai sejarah dan kegunaan tembaga. Dari segi sejarah, terdapat peristiwa penemuan tembaga yang telah digariskan oleh zaman prasejarah, kerajaan awal dan juga peradaban luar. Di samping penemuan sejarah tersebut, tembaga juga memiliki banyak kegunaan sejak dari dahulu lagi sehingga kini yang masih memberikan manfaat kepada masyarakat sekitar. Selain itu, pengkaji akan mengenal pasti sifat-sifat tembaga dan juga jenis makhluk perosak yang sering menyerang

tembaga. Setelah itu pada bab ini, pengkaji akan menerokai kaedah pengesanan sedia ada serta teknik perlindungan yang digunakan terhadap tembaga. Akhir sekali, Pengkaji akan memperkenalkan kepelbagaian teknologi inovatif dan kaedah alternatif yang boleh digunakan untuk memelihara tembaga.

### **Bab 3: Metodologi kajian**

Dalam bab ini, pengkaji akan mengeluarkan metodologi kajian yang telah digunakan sepanjang pelaksanaan projek penyelidikan ini. Metodologi kajian merupakan cara atau kaedah yang digunakan oleh pengkaji dalam merancang dan menganalisis suatu data bagi mencapai objektif kajian. Bab ini merangkumi reka bentuk kajian, kaedah pengumpulan data dan juga analisis data kajian. Dari segi reka bentuk kajian, pengkaji telah menggunakan pengumpulan data secara kualitatif. Seterusnya, dalam bab ini, pengkaji juga menerangkan kaedah pengumpulan data secara kualitatif seperti primer dan sekunder serta analisis data. Akhir sekali, pengkaji akan membuat analisis data merangkumi dapatan kajian dan perbandingan daripada hasil kajian yang telah dilakukan

UNIVERSITI  
MALAYSIA  
KELANTAN

#### **Bab 4: Analisis data**

Pada bab ini, pengkaji akan membahas mengenai hasil keberkesanan kaedah pengesanan sedia ada dalam menghadapi serangan makhluk perosak terhadap tembaga. Seterusnya, pengkaji juga akan menerangkan secara terperinci mengenai kaedah inovasi dalam teknologi dan kaedah perlindungan terhadap tembaga dengan menggunakan kajian berbentuk kajian kes. Selain itu, pengkaji akan menganalisis beberapa kaedah keberkesanan kaedah perlindungan yang mungkin diperlukan terhadap tembaga untuk meningkatkan lagi strategi pemeliharaannya.

Pada bahagian ini juga, telah dirangkumkan pengumpulan dan penelitian data untuk mendapatkan hasil dapatan kajian serta mengenal pasti penyelesaian bagi setiap masalah. Pada bahagian ini, pengkaji akan membuat perbandingan antara kelebihan dan kekurangan kaedah terdahulu dan teknologi terkini, bagi memberi sudut pandang yang lebih luas.

#### **Bab 5: Rumusan, cadangan dan interpretasi**

Pada bab ini, pengkaji akan membuat rangkuman penemuan yang telah diperoleh untuk menghasilkan ringkasan kajian. Setelah itu, pengkaji akan memberikan gambaran ringkas beserta kesimpulan yang jelas berdasarkan keputusan dan penelitian kajian sekaligus menekankan kepentingan hasil kajian dalam pengetahuan ilmiah. Akhir sekali, pengkaji akan membincangkan rumusan, cadangan dan interpretasi kajian yang didapati dalam kajian pemeliharaan tembaga untuk rujukan masa hadapan, sekaligus membantu penyelidik di luar sana dalam memperluas pengetahuan dan membangun dasar bagi penelitian selanjutnya.



## BAB 2

### KAJIAN LITERATUR

#### 2.1 Pengenalan

Bab ini menjelaskan tentang kajian literatur yang melibatkan gerak kerja pencarian, pemerhatian dan penelitian mengenai topik yang dikaji. Tujuan kajian literatur ini dilakukan adalah untuk pengkaji memberi fokus dalam membina kerangka teori yang kukuh sepanjang membuat penelitian kajian. Oleh itu, dengan mengenal pasti kaedah penelitian yang sesuai dengan topik yang sedang dikaji, pengkaji dapat membuat analisis kajian literatur yang efektif dan relevan terhadap sejarah dan kegunaan tembaga.

Dalam bab 2 ini, pengkaji akan menerangkan lebih lanjut mengenai sejarah dan kegunaan tembaga. Pada suatu ketika dahulu, sejarah tembaga telah dirakam penemuannya di beberapa peristiwa iaitu di zaman prasejarah, zaman kerajaan awal dan juga peradaban luar. Sehubungan dengan itu, tembaga juga memiliki banyak manfaat dan kegunaan yang masih lagi berkembang sehingga kini terutamanya terhadap industri dan aplikasi.

#### 2.2 Sejarah dan kegunaan tembaga

Sejarah penggunaan tembaga di Malaysia memiliki alur penceritaan yang panjang. Tembaga merupakan sejenis logam yang berwarna coklat kemerahan. Ia pertama kali digunakan oleh manusia di berbagai wilayah termasuk Malaysia. Sehingga kini, penggunaan tembaga masih lagi berlanjutan dan berkembang dari semasa ke semasa bertujuan memenuhi pelbagai keperluan dan perkembangan peradaban manusia.

Sungguhpun begitu, terdapat beberapa peristiwa penemuan tembaga yang telah digariskan oleh sejarah pada suatu ketika dahulu.

### **2.2.1 Zaman Prasejarah**

Di Malaysia, penggunaan tembaga dipercayai bermula sejak zaman prasejarah, di mana terdapatnya bukti-bukti arkeologi yang telah menunjukkan dan membuktikan penggunaan tembaga pada zaman ini. Bukti penemuan alat-alat tembaga, seperti kapak tembaga telah ditemukan di beberapa tapak arkeologi seluruh Malaysia, antaranya di Gua Teluk Kelawar, Mersing, Johor (Abu Bakar, J., & Fadzil, R. M. (2008). Masyarakat pada zaman ini memiliki pengetahuan dan kemahiran dalam pemrosesan tembaga. Mereka menggunakan teknik peleburan untuk mengasingkan tembaga daripada bijih. Kemudian, tembaga tersebut akan ditempa dan digilap bagi membentuk sesuatu alat atau barang lain yang mereka perlukan. Dari segi aspek kehidupan masyarakat prasejarah di Malaysia, penggunaan alat-alat tembaga, seperti beliung tembaga akan digunakan untuk pelbagai kegiatan pertanian dan perburuan. (Furzani, A. 2013). Selain itu, tembaga juga telah digunakan untuk membuat pelbagai perhiasan seperti cincin, kalung dan gelang. Hal ini kerana, ia mungkin dianggap memiliki nilai simbolisme atau nilai estetika tersendiri dalam budaya mereka.

### **2.2.2 Kerajaan Awal**

Pada zaman ini, penggunaan tembaga telah memberikan beberapa sumbangan penting dalam sejarah peradaban merangkumi kehidupan seharian dan perkembangan budaya manusia. Kerajaan-kerajaan awal seperti Kerajaan Langkasuka, Kerajaan Kedah dan Kerajaan Gangga Negara pernah terlibat dalam urusan perdagangan dan pengeluaran tembaga. Tembaga mempunyai peranan penting dari segi kesenian seperti teknik pembuatan barangan dan pengaruh kepenggunaan. Peranan tersebut telah ditemui pada suatu ketika dahulu dalam kerajaan awal termasuk Kerajaan Funan.

Kerajaan Funan adalah sebuah kerajaan perdagangan maritim yang berpusat di beberapa wilayah tertentu iaitu Kemboja dan Vietnam selatan pada sekitar abad ke-1 hingga ke-6 Masihi. Pada masa kegemilangannya, Kerajaan Funan telah menjalin hubungan dagang secara meluas dengan negara-negara di Asia Tenggara. Hubungan dengan budaya-budaya luar, seperti budaya India dan China telah membawa pengaruh budaya dan teknologi yang berbeza ke dalam Kerajaan Funan, termasuk dari segi proses pembuatan tembaga dan pembuatan barang seni. Masyarakat Funan menguasai teknik peleburan tembaga dan memahami sifat-sifat unik logam untuk membuat pelbagai barang seni seperti patung dan perhiasan. Kepakaran mereka dalam membuat tembaga ini membolehkan mereka untuk menciptakan karya seni yang indah dan kompleks. Barang seni tembaga dari Kerajaan Funan seringkali memiliki gaya dan motif yang khas. Ia menggabungkan unsur-unsur tempatan dengan pengaruh budaya asing. Mereka juga menggunakan teknik seperti pahatan, penempaan, dan pengukiran untuk menghasilkan perincian yang rumit pada karya seni mereka. Penggunaan tembaga dalam pembuatan barangan seni oleh Kerajaan Funan adalah sebagai salah satu contoh bagaimana logam ini telah menjadi bahan penting dalam menonjolkan kreativiti dan seni halus. Kemahiran teknikal dan keindahan estetika yang dipaparkan dalam karya seni tembaga Funan, sekaligus memberikan bukti kebolehan seni dan budaya yang kian berkembang dalam kerajaan tersebut.

### **2.2.3 Pengaruh peradaban Luar**

Sepanjang sejarah, Malaysia pernah menerima pengaruh peradaban luar seperti Kerajaan Srivijaya dan Kerajaan Majapahit di Nusantara, di mana mereka telah membawa teknologi dan kepakaran dalam pembuatan tembaga untuk mencipta peralatan, senjata, perhiasan, dan mata wang. Kerajaan Srivijaya dan Kerajaan

Majapahit juga telah membawa pengaruh tembaga dalam hal perdagangan dan kekayaan.

Srivijaya merupakan kerajaan maritim yang sangat terkenal di Asia Tenggara pada abad ke-7 hingga ke-13. Kekayaan dan kejayaan Srivijaya disokong oleh perdagangan tembaga yang melibatkan kerajaan-kerajaan di wilayah tersebut. Srivijaya merupakan pusat perdagangan tembaga di Asia Tenggara kerana mempunyai akses terus kepada sumber tembaga di Sumatera, Kalimantan dan Jawa. Pada masa ini, penggunaan tembaga digunakan sebagai bahan asas dalam pembuatan alat, senjata dan perhiasan. Hasil daripada perdagangan tembaga tersebut telah membawa kekayaan dan keuntungan yang besar kepada Kerajaan Srivijaya, yang kemudiannya digunakan untuk meluaskan wilayah kekuasaan mereka.

Di samping itu, Kerajaan Majapahit juga memiliki peranan penting dalam perkembangan tembaga. Majapahit adalah kerajaan yang berdiri pada abad ke-13 hingga ke-16 di wilayah Jawa Timur, Indonesia. Pada masa ini, tembaga digunakan sebagai mata wang untuk tujuan perdagangan dan pertukaran barang. Majapahit membangunkan sistem kewangan iaitu dengan menggunakan tembaga sebagai alat pembayaran dalam bentuk syiling yang dipanggil 'kupang' (Rizal, A., 2010). Pada ketika ini, perdagangan tembaga merupakan sumber kekayaan dan pendapatan bagi Empayar Majapahit. Selain itu, tembaga juga digunakan dalam seni bina. Pernyataan ini turut disokong dengan bukti yang dapat dilihat pada temuan arca-arca tembaga yang terdapat di tapak Majapahit.

Manakala dari segi kegunaan tembaga, ia mempunyai pelbagai kegunaan penting tidak kira sama ada dalam pelbagai industri dan aplikasi. Terdapat beberapa kegunaan

utama tembaga, antaranya dari segi elektrik, elektronik, pembinaan dan seni bina, alat dan perkakas, perhiasan dan dekorasi serta kesihatan.



Rajah 2.1 Kendi tembaga

Sumber: Koleksi pengkaji

Dari segi elektrik, salah satu kegunaan utama tembaga adalah sebagai konduktor elektrik yang sangat baik. Wayar elektrik biasanya diperbuat daripada tembaga kerana keupayaannya yang tinggi dalam mengalirkan arus elektrik tanpa kehilangan terlalu banyak tenaga dalam bentuk haba. Tembaga juga digunakan dalam pembuatan wayar dan kabel elektrik untuk komponen dalaman rumah, perindustrian dan telekomunikasi.

Seterusnya dari segi elektronik, penggunaan tembaga telah digunakan secara meluas pada masa kini. Komponen elektronik seperti papan litar bercetak atau turut dikenali sebagai *Printed Circuit Board* (PCB) menggunakan lapisan tembaga untuk menyambung komponen elektronik dan dalam masa yang sama turut memudahkan pengaliran arus elektrik. Dalam industri elektronik juga, ia digunakan dalam pembuatan transistor, kapasitor, dan peranti semikonduktor lain.

Selain itu, dalam industri pembinaan dan seni bina, tembaga telah digunakan dalam pembuatan paip, tiub, kelengkapan untuk air dan sistem penyejukan. Sehubungan dengan itu, ia turut digunakan dalam pembinaan bumbung dan elemen hiasan

bangunan. Hal ini kerana, keupayaannya yang bersifat tahan karat dan memiliki penampilan estetika dalam seni bina.

Pada masa yang sama, tembaga mempunyai pelbagai kegunaan termasuk dari segi alat dan perkakas. Hal ini dikatakan demikian kerana, tembaga memiliki sifat kebolehtempaan dan kebolehmesinannya dalam proses pembuatan peralatan. Beberapa contoh alat yang diperbuat daripada tembaga ialah pisau, kapak, periuk dan kualiti.

Di samping itu, dari segi perhiasan dan dekorasi, tembaga turut menyumbangkan penggunaannya dalam perhiasan, patung dan dekorasi. Tembaga menjadi antara pilihan yang diminati oleh pengkarya dalam seni dan dekorasi kerana terdapatnya sifat-sifat estetika seperti memiliki kilauan dan kemampuannya dalam membentuk sesuatu dengan mudah.

Dalam pada itu, tembaga juga mempunyai kegunaan dalam sektor kesihatan. Ia bersifat antimikrob yang boleh membunuh atau menghalang pertumbuhan mikroorganisma. Justeru itu, tembaga dilihat begitu penting dalam pembuatan alat perubatan, peralatan kebersihan dan peralatan rumah.

Sebagai tambahan, tembaga turut mempunyai peranan dalam industri automotif, pengeluaran logam, percetakan, dan banyak lagi. Sifat unik dan keupayaan yang dimiliki tembaga, menjadikannya sebagai salah satu logam yang sangat berharga dalam pelbagai aplikasi kehidupan dan perindustrian.

### **2.3 Tembaga dan sifat-sifatnya**

Tembaga merupakan salah satu logam yang mempunyai unsur kimia yang terdiri daripada simbol Cu dan nombor atom 29 (Wikipedia, 2022). Tembaga terdiri daripada

kategori logam yang berwarna coklat kemerahan. Kini, tembaga dikenali sebagai salah satu logam yang penting dalam sejarah dan kehidupan manusia kerana kebolehannya yang pelbagai, tidak kira dari segi kawalan haba mahupun elektrik.

Terdapat beberapa sifat tembaga yang perlu diketahui antaranya adalah, ia memiliki kekonduksian haba dan elektrik yang baik. Oleh disebabkan itu, kegunaan logam seperti tembaga boleh dikatakan ideal dan berkesan kerana ia mampu digunakan dalam komponen elektronik dan juga wayar elektrik. Selain itu, tembaga mempunyai sifat ketahanan yang tinggi, tidak kira dari segi pembuatan peralatan mahupun kesan patina. Dari segi peralatan, tembaga memiliki ketahanan yang cukup tinggi sehingga ia dikatakan sesuai digunakan dalam pembuatan paip serta komponen struktur bangunan (Gnee Pipe, 2023). Manakala dari segi patina pula, tembaga memiliki ketahanan yang baik terhadap patina yang berpunca daripada atmosfera dan oksida. Oleh itu, tembaga menjadi antara pilihan yang baik dalam pembinaan sistem perpaipan dan juga aplikasi lain yang berisiko terdedah kepada air sehingga terjadinya patina.

Dalam konteks kajian ini, tembaga memiliki kepentingan yang signifikan kerana ia mempunyai kepelbagaian dari segi penggunaannya dalam perlindungan terhadap tembaga. Tembaga merupakan salah satu bahan bukan organik yang sering menjadi sasaran serangan makhluk perosak. Oleh itu, pemahaman mengenai sifat-sifat tembaga amat membantu pengkaji dalam menambahbaik kaedah pengesanan dan cara pemantauan ke arah yang lebih efektif. Secara umumnya, kini tembaga masih memiliki kepentingan serta digunakan secara meluas dalam pelbagai sistem dan infrastruktur seperti sistem elektrik, jaringan komunikasi dan juga sistem perpaipan. Oleh disebabkan itu juga, dapat dilihat dalam konteks kajian ini bahawa pengkaji amat menekankan pemeliharaan dan penjagaan yang rapi terhadap tembaga daripada serangan aktiviti makhluk perosak agar tembaga masih dapat berfungsi dan dipelihara

dengan baik untuk jangka masa yang panjang. Dengan memahami sifat-sifat dan kepentingan tembaga dalam konteks ini, pengkaji dapat meningkatkan keberkesanan pemeliharaan serta dalam masa yang sama dapat mencadangkan langkah-langkah perlindungan yang tepat terhadap tembaga.

## **2.4 Kerosakan umum pada tembaga**

### **2.4.1 Patina**

Salah satu masalah utama yang dihadapi tembaga ialah patina. Patina berlaku apabila tembaga bertindak balas dengan persekitaran dan oksigen dalam udara atau air dan kemudiannya membentuk lapisan pengoksidaan yang dapat melindungi tembaga daripada kerosakan lanjut. Walau bagaimanapun, jika keadaan persekitaran tidak sesuai, lapisan oksida ini boleh mengakis dan merosakkan tembaga. Contoh patina pada tembaga adalah wujudnya warna kehijauan pada permukaannya yang dikenali sebagai patina tembaga.

Serangan patina terhadap tembaga adalah satu proses semula jadi yang membentuk lapisan pelindung pada permukaan tembaga sebagai tindak balas terhadap unsur-unsur dalam persekitaran. Patina pada tembaga memberikan warna dan penampilan yang unik dan dalam masa yang sama, ia melindungi tembaga daripada serangan yang lebih mendalam.

Patina terbentuk melalui tindak balas tembaga dengan oksigen, kelembapan, dan bahan kimia dalam udara atau air. Ia merupakan hasil hakisan kimia semula jadi dan menghasilkan lapisan pelindung yang disebut patina. Warna patina pada tembaga kebiasaannya mempunyai kepelbagaian warna dari hijau ke biru dan kadang-kadang berwarna coklat atau coklat kemerahan. Warna-warna tersebut bergantung kepada



keadaan fizikal atau jenis bahan kimia dalam persekitaran. Namun begitu, dalam masa yang sama patina boleh berfungsi sebagai lapisan pelindung yang dapat melambatkan atau menghentikan proses hakisan lebih lanjut pada tembaga. Ia boleh membentuk sebagai penghalang fizikal dan kimia yang dapat melindungi logam dari kerosakan mendatang. Dari sudut penampilan, kebanyakan orang menganggap patina pada tembaga mempunyai ciri estetika yang menarik. Oleh disebabkan itulah, tembaga seringkali digunakan secara sengaja dalam elemen seni dan seni bina. Hal ini kerana, ia dipercayai dapat memberikan warna dan tekstur yang dapat memperkayakan penampilan.

Dari segi kekurangannya pula, patina boleh menyebabkan hilangnya sifat kilau semula jadi tembaga. Bagi sesetengah pengguna, hilangnya sifat kilauan semula jadi pada tembaga terutamanya dalam barangan hiasan atau perabot, ia boleh dianggap sebagai kesan negatif. Selain itu, perubahan warna pada patina boleh berubah-ubah bergantung pada faktor-faktor seperti persekitaran dan cuaca. Hal ini boleh mencipta ketidakseragaman pada penampilan objek tembaga. Keputusan untuk memelihara atau mengurangkan pembentukan patina pada tembaga bergantung kepada keperluan aplikasi dan keinginan pengguna. Dalam beberapa kes, perlindungan tambahan atau penggunaan lapisan pelindung khusus boleh diambil kira untuk mengatasi kesan negatif patina. Rajah di bawah menunjukkan kesan patina pada syiling Malaysia. Ia memiliki komposisi 75% tembaga dan 25% nikel.



Rajah 2.2 Kesan patina pada syiling

Sumber: Koleksi pengkaji

Bagi mengatasi serangan patina pada tembaga, perlunya untuk membuat kawalan kelembapan dan suhu serta dalam masa yang sama, perlu menyediakan dan membuat pemantauan pada tempat simpanan tembaga tersebut bagi menghalang anasir negatif. Selain itu, beliau juga berkata bahawa tembaga yang terdedah kepada air terutama air laut, lebih cenderung diserang patina.

### **2.5 Jenis makhluk yang menyerang tembaga.**

Tembaga adalah salah satu logam yang tahan terhadap serangan makhluk perosak seperti serangga atau mikroorganisma secara semula jadi. Sifat anti-bakteria dan antioksidan tembaga menjadikannya tahan secara biologi.

Namun, terdapat beberapa makhluk perosak yang boleh merosakkan struktur dan kualiti tembaga bergantung kepada keadaan persekitaran tertentu. Sebahagian daripadanya ialah:

### **2.5.1 Siput air**

Siput air ialah organisma yang boleh merosakkan tembaga yang terendam dalam air. Kebiasaannya, siput air memakan tumbuhan air, tetapi mereka juga dapat merosak tembaga dengan mengikis lapisan pelindungnya. Selain itu, dalam masa yang sama, mereka menghasilkan asid yang boleh melarutkan tembaga dan memusnahkan struktur bahan.

### **2.5.2 Mikroorganisma**

Jika tembaga terdedah kepada kelembapan persekitaran yang tinggi, mikroorganisma seperti bakteria, alga dan kulat tertentu boleh menyebabkan kakisan tembaga melalui tindak balas kimia. Serangan ini boleh merosakkan integriti struktur tembaga..

### **2.5.3 Serangga pemakan kayu**

Sesetengah serangga, seperti anai-anai dan kumbang kayu, boleh merosakkan tembaga. termasuk tembaga yang terdapat di dalam struktur kayu, seperti tiang atau bingkai. Mereka boleh merosakkan dan melubangkan tembaga hingga menyebabkan kerosakan struktur pada objek yang diperbuat daripada tembaga.

Oleh kerana itu, penyelenggaraan yang betul dan pemantauan tetap adalah perlu untuk mengekalkan ketahanan dan keaslian tembaga. Hal ini kerana, antara cara yang mudah untuk menghindari tembaga daripada aktiviti serangan makhluk perosak adalah dengan memastikan tembaga tersebut berada dalam keadaan terjaga dan terpelihara daripada sudut kesesuaian keadaan persekitaran.

## **2.6 Kaedah pengesanan dan perlindungan serangan makhluk perosak.**

Untuk mengesan dan melindungi serangan makhluk perosak pada tembaga, terdapat beberapa kaedah pengawasan dan pengesanan seperti berikut:

### **2.6.1 Pemeriksaan Visual**

Lakukan pemeriksaan visual biasa pada permukaan tembaga untuk mengesan tanda-tanda kerosakan yang dilakukan oleh makhluk perosak. Pada ketika ini, perlunya untuk mengesan segala perubahan warna, kehadiran karat, lubang atau tanda kerosakan lain (makmal EUROLAB,2019). Sekiranya terdapat perubahan atau tanda-tanda yang disebutkan di atas, adalah disyorkan untuk menangani serangan tersebut, termasuk membersihkan permukaan tembaga, membuang karat, serta menggunakan bahan kimia atau kaedah lain untuk menyingkirkan makhluk perosak.

### **2.6.2 Pemantauan persekitaran**

Membuat pemantauan persekitaran di sekeliling tembaga, Kelembapan yang tinggi atau pendedahan air yang berpanjangan kepada tembaga boleh mempercepatkan pengaratan dan pertumbuhan alga atau kulat. Pastikan untuk mengekalkan kelembapan yang sesuai dan jauhkan tembaga daripada pendedahan air yang berlebihan. Untuk membuat pemantauan persekitaran pada tembaga, beberapa kaedah yang boleh diikuti antaranya dengan menggunakan sensor suhu dan kelembapan, sensor gerak, CCTV dan juga peranti pemantau IoT.

Makhluk perosak sering membiak dalam beberapa keadaan tertentu, bergantung kepada suhu dan kelembapan persekitaran tembaga. Oleh itu, dengan pemasangan sensor suhu dan kelembapan, kita boleh memantau secara langsung keadaan persekitaran tembaga yang mempunyai risiko tinggi terhadap serangan. Dalam masa

yang sama, penggunaan alat ini juga boleh mengesan perubahan suhu dan kelembapan yang sesuai bagi persekitaran tembaga.

Seterusnya adalah alat sensor gerak. Dengan pemasangan alat ini, ia dapat mengesan kehadiran dan pergerakan makhluk perosak disekitar tembaga. Apabila sensor gerak tersebut berbunyi, ia menandakan amaran untuk melakukan pemeriksaan dan tindakan dengan lebih lanjut terhadap tembaga.

Selain itu, penggunaan kamera litar tertutup juga diperlukan bagi memantau persekitaran tembaga dengan lebih jelas. Dengan membuat pemasangan kamera litar tertutup (CCTV) kearah tembaga, ia dapat memantau aktiviti-aktiviti makhluk perosak secara visual. Rakaman video daripada kamera litar tertutup tersebut, perlu diperiksa secara teratur dan berkala untuk mengesan tanda-tanda kehadiran atau aktiviti yang mencurigakan oleh makhluk perosak.

Akhir sekali adalah dengan menggunakan peranti pemantau IoT. Dalam sesetengah kes, peranti *Internet Of Things* (IoT), akan disambungkan ke rangkaian internet untuk memantau persekitaran tembaga secara langsung. Sistem IoT boleh memberikan maklumat mengenai suhu, kelembapan, pergerakan dan faktor lain yang mungkin menunjukkan kehadiran makhluk perosak.

Merujuk kepada langkah-langkah di atas, proses pemantauan terhadap tembaga adalah penting bagi menganalisis keberhasilan data yang terkumpul secara teratur. Jika terlihat tanda-tanda awal kehadiran makhluk perosak pada tembaga, perlunya untuk mengambil tindakan pencegahan agar tidak menjadi lebih teruk.

## 2.7 Teknologi inovatif dan kaedah alternatif dalam perlindungan tembaga.

### 2.7.1 Teknologi inovatif

Terdapat beberapa teknologi inovatif yang boleh digunakan dalam perlindungan tembaga daripada serangan dan kerosakan. Antaranya seperti penggunaan kaedah nanoteknologi dan juga lapisan pelindung organik.

Secara umumnya, nanoteknologi bermaksud zarah yang digunakan dalam unit nanometer iaitu bersaiz 1-100 nm (Bhattacharyya, 2010). Dalam beberapa dekad lalu, nanoteknologi telah mengembangkan banyak bahan inovatif dalam pelbagai aplikasi mendatang. Inovasi moden dan cemerlang telah dilakukan oleh nanoteknologi dalam pelbagai bidang sains seperti pertanian, kejuruteraan, perubatan, sains alam sekitar, pemprosesan makanan, bioteknologi dan analisis kimia. Penggunaannya pada peringkat awal adalah untuk melindungi pelbagai tanaman daripada serangan makhluk perosak (Resham, 2015). Akan tetapi, kini penggunaan nanoteknologi telah diinovasikan dan selamat digunapakai dalam pemeliharaan tembaga. Bahan nano mempunyai potensi untuk memerangi kesan drastik makhluk perosak. Bahan-bahan ini telah digunakan sebagai penderia, alat perubatan, agen pemangkin, salutan sebagai racun perosak, konduktor dan semikonduktor (Jordan, 2010). Peranan besar bahan nano biologi dan kimia adalah untuk meningkatkan perlindungan tumbuhan, pemulihan racun perosak berbahaya dan sintesis formulasi racun perosak (Barik, 2008). Nanoteknologi memainkan peranan penting untuk pembangunan pertanian organik, kawalan penyakit dan penghantaran baja, racun perosak dan agrokimia lain yang cekap (Prasad, 2014). Nanoteknologi mempunyai potensi besar dalam melindungi tembaga daripada makhluk perosak. Terdapat beberapa lapisan pelindung yang lazimnya digunapakai terhadap tembaga dengan menggunakan kaedah nanoteknologi. Antaranya adalah seperti salutan nanokomposit, salutan *superhydrophobic* dan *nanoparticles organic*.

Salutan nanokomposit merupakan sejenis lapisan pelindung yang diterapkan pada tembaga dengan menggunakan kaedah nanoteknologi. Salutan nanokomposit terdiri daripada zarah nano yang berkembang menjadi matriks pelindung. Dalam konteks perlindungan tembaga, zarah nano yang boleh digunakan termasuk nano perak (Ag), zarah kuprum nano (CuNPs) atau zarah nano zink (Zn). Lapisan ini boleh menghalang pertumbuhan bakteria, kulat, atau mikroorganisma lain pada permukaan tembaga, sekaligus melindungi tembaga daripada karat atau kerosakan yang disebabkan oleh makhluk perosak. Seterusnya yang kedua adalah salutan *Superhydrophobic*. Salutan *superhydrophobic* adalah sejenis lapisan pelindungan tembaga berasaskan kaedah nanoteknologi yang boleh digunakan untuk melindungi tembaga daripada air, kelembapan dan keadaan persekitaran yang boleh mempercepatkan pengaratan. Salutan ini memiliki sifat kalis air yang tinggi, di mana ia akan menghalang air daripada berinteraksi dan bertindak balas dengan permukaan tembaga. Akhir sekali adalah lapisan *nanoparticles organic*. Penggunaan *nanoparticles organic* berfungsi sebagai lapisan pelindung yang dapat menghalang makhluk perosak daripada menyerang permukaan tembaga. Lapisan organik ini dapat mencegah serangga pemakan kayu, siput air atau organisma lain daripada merosak dan memusnahkan tembaga.

Dalam melindungi tembaga daripada ancaman makhluk perosak, salutan organik juga boleh digunakan. Salutan pelindung organik adalah salutan yang diperbuat daripada bahan organik, seperti sebatian kimia atau polimer, di mana ia digunakan untuk menyalut permukaan tembaga bagi memberi perlindungan terhadap ancaman kerosakan seperti pengaratan, pertumbuhan mikroorganisma, kulat, alga, atau serangan makhluk perosak. Salutan organik mempunyai ciri khas seperti anti-bakteria, anti-karat, anti-kulat atau anti-alga, yang dapat membantu memastikan tembaga sentiasa bersih dan selamat. Antara kaedah yang boleh digunakan dalam salutan pelindung seperti

mengecat, menyembur atau membuat pemendapan wap kimia (Chemical Vapor Deposition/CVD).

Penting untuk memilih salutan organik yang sesuai untuk diaplikasikan terhadap tembaga bergantung kepada persekitaran yang sesuai. Dalam sesetengah kes, mungkin perlu menilai dan mengekalkan salutan organik secara berkala untuk memastikan keberkesanannya secara berterusan. Antara sifat umum salutan organik adalah bersifat anti-bakteria. Salah satu ancaman biasa kepada tembaga ialah pertumbuhan bakteria yang boleh menyebabkan pengaratan. Lapisan pelindung organik dengan sifat anti-bakteria boleh membantu menghalang pertumbuhan mikroorganisma yang memusnahkan tembaga. Bahan seperti polimer anti-bakteria atau bahan organik berasaskan nano boleh digunakan untuk menyalut permukaan tembaga. Seterusnya yang kedua adalah bersifat anti-karat. Karat adalah masalah yang seringkali menyerang tembaga serta dalam masa yang sama boleh menjejaskan kualiti dan keasliannya. Salutan pelindung yang bersifat anti-karat organik boleh membantu melindungi tembaga daripada oksigen dan kelembapan yang boleh mencetuskan pengaratan. Ringkasnya, teknologi seperti salutan organik yang mengandungi anti-karat boleh membantu melambatkan atau mencegah karat pada permukaan tembaga. Sementara itu yang ketiga adalah bersifat anti pertumbuhan alga dan kulat. Dalam persekitaran tertentu, alga dan kulat boleh tumbuh di permukaan tembaga hingga menyebabkan kurangnya kualiti dan keasliannya. Salutan pelindung organik yang bersifat anti pertumbuhan alga dan kulat boleh digunakan untuk memastikan tembaga sentiasa bersih dan selamat daripada serangan makhluk perosak. Bahan organik seperti sebatian antimikrob atau agen penghalang pertumbuhan alga boleh digunakan untuk tujuan ini. Akhir sekali, lapisan pelindung organik juga memiliki sifat anti-karat elektrokimia. Ini adalah merupakan teknologi baharu telah dibangunkan untuk melindungi tembaga



daripada pengaratan dengan menggunakan salutan pelindung organik yang mempunyai sifat elektrokimia. Salutan ini mampu bertindak balas secara aktif terhadap pengaratan dan dalam masa yang sama dapat membentuk lapisan pelindung yang boleh mengurangkan kadar pengaratan pada tembaga.

Intipatinya, penggunaan salutan pelindung organik boleh membantu memanjangkan jangka hayat serta mengekalkan kualiti tembaga dalam menghadapi ancaman makhluk perosak. Walau bagaimanapun, adalah penting untuk memilih salutan pelindung yang sesuai mengikut keperluan aplikasi, dengan mengambil kira faktor-faktor seperti persekitaran, jenis makhluk perosak, dan ketersediaan teknologi yang berkaitan.

### **2.7.2 Kaedah alternatif**

Sebagai tambahan kepada teknologi inovatif yang dinyatakan di atas, terdapat beberapa kaedah alternatif yang boleh digunakan dalam perlindungan tembaga. Berikut adalah beberapa contoh kaedah alternatif perlindungan tembaga daripada serangan makhluk perosak.

Antaranya dengan membuat pemasangan perangkap. Perangkap boleh digunakan untuk menangkap makhluk perosak sebelum ia mencapai tembaga. Contohnya, untuk memerangkap anai-anai, perlu membuat dan meletakkan umpan di beberapa laluan kebiasaannya iaitu di dalam tanah atau di sekitar tembaga untuk mengesan pergerakan anai-anai. Dengan menggunakan perangkap ini, tembaga boleh dilindungi daripada kerosakan yang disebabkan oleh makhluk perosak.

Seterusnya adalah dengan membuat sistem penghalau semula jadi. Sesetengah bahan organik seperti tembaga, mempunyai sifat penghalau tersendiri yang boleh digunakan untuk menghalangnya daripada serangan makhluk perosak. Sebagai contoh, minyak pati seperti pudina, lavender, atau minyak kayu putih boleh digunakan sebagai

penghalau semula jadi untuk menjauhkan serangga atau makhluk perosak daripada tembaga.

Selain itu, adalah dengan membuat sistem pengawalan tembaga. Sistem pengawalan secara berkala boleh dilakukan membuat penjagaan kebersihan di sekitar tembaga untuk mencegah penumpukan sisa-sisa makanan atau kelembapan yang dapat menarik perhatian makhluk perosak.

Akhir sekali, adalah penggunaan teknologi suara atau getaran. Sesetengah makhluk perosak akan terasa sensitif terhadap suara atau getaran tertentu. Dalam hal ini, penggunaan sistem atau teknologi yang dapat menghasilkan suara atau getaran yang tidak diinginkan oleh makhluk perosak dapat membantu dalam menghalang mereka dari mendekati tembaga.

## **2.8 Kajian terdahulu**

Kajian terdahulu dikatakan penting bagi penyelidik di luar sana sekaligus menjadi rujukan bagi mereka untuk mengenal pasti perkembangan pendekatan terbaharu dalam sesuatu bidang tertentu. Berdasarkan pencarian pengkaji, berikut adalah beberapa kajian terdahulu yang telah dikeluarkan mengenai kerosakan tembaga yang lazimnya terjadi:

### **2.8.1 Dexter, S. C. (2003). "Microbiologically influenced corrosion"**

"Microbiologically influenced corrosion" merupakan artikel yang ditulis oleh S.C. Dexter dan telah diterbitkan oleh ASM Handbook pada tahun 2003. Artikel tersebut membincangkan berkenaan patina tembaga yang dipengaruhi oleh makhluk perosak mikroorganisma atau dikenali dengan istilah Microbiologically Influenced Corrosion (MIC). MIC dikatakan berlaku disebabkan oleh interaksi antara

mikroorganisma seperti bakteria, alga dan kulat yang dapat menghasilkan tindak balas kimia yang boleh merosak atau mempercepat kesan patina pada logam termasuk tembaga. Penulis juga membahas mengenai mekanisme patina yang dipengaruhi oleh mikroorganisma termasuk pelekat mikro pada permukaan tembaga, penghasilan sebatian patina dan pembentukan biofilm. Tahap MIC dikatakan bergantung kepada faktor-faktor di sekeliling tembaga merangkumi kehadiran air, nutrisi, suhu dan juga pH.

Selain itu, artikel ini juga membahas mengenai kaedah pengendalian dan pencegahan MIC yang melibatkan penggunaan kimia anti-mikroba, pengawalan keadaan persekitaran, pemantauan mikroba dan pemilihan bahan yang memiliki ketahanan tinggi terhadap patina. Ringkasnya, artikel ini membincangkan informasi secara umum mengenai Microbiologically Influenced Corrosion (MIC) termasuk mekanisme patina, faktor-faktor yang mempengaruhi patina, dan juga strategi pengendalian.

### **2.8.2 Szakalos, P., Hultquist, G., & Wikmark, G. (2007). “Corrosion of copper by water”**

“Corrosion of Copper by Water” merupakan sebuah artikel yang ditulis oleh Szakalos, P., Hultquist, G., & Wikmark, G pada tahun 2007 dan telah diterbitkan dalam jurnal “Electrochemical and Solid-State Letters”. Artikel ini membincangkan mengenai patina tembaga yang berpunca daripada kehadiran air, suhu, pH dan aditif dalam air.

Ringkasnya, dalam artikel ini penulis membahas peranan dan kepentingan oksigen terhadap patina tembaga oleh air serta dalam masa yang sama, ia memberikan pengetahuan luas mengenai mekanisme dan faktor-faktor yang terlibat dalam terjadinya patina terhadap tembaga. Dalam konteks ini, artikel tersebut dilihat dapat membantu

pengkaji dalam menerokai lebih dalam lagi mengenai strategi perlindungan dan pencegahan patina pada bahan tembaga yang kini digunakan dalam berbagai aplikasi.

### **2.8.3 Thickett, D., Chisholm, R., & Lankester, P. (2013). Development of damage functions for copper, silver and enamels on copper.**

“Development of damage functions for copper, silver and enamels on copper” merupakan sebuah artikel yang ditulis oleh Thickett, D., Chisholm, R., & Lankester, P. Ia telah diterbitkan dalam bentuk buku “Climate for Collections” pada tahun 2013. Dalam artikel ini, penulis memberi pembahasan tentang jangkaan kerosakan yang mungkin terjadi pada barangan seni dan artifak yang diperbuat daripada tembaga, perak dan enamel pada tembaga. Kerosakan ini dikenalpasti berdasarkan pemahaman penulis mengenai interaksi antara bahan dan faktor keadaan persekitaran termasuk suhu, kelembapan dan pencemaran udara.

Selain itu, penulis telah mengkaji alat-alat yang sesuai digunakan bagi konservator untuk mengenal pasti dan memantau tahap kerosakan yang mungkin terjadi pada barangan seni atau artifak. Ringkasnya, artikel ini telah membincangkan mengenai jangkaan kerosakan tembaga, perak dan enamel tembaga serta kepentingannya dalam konteks konservasi.

## **2.9 Rumusan bab**

Kesimpulannya, melalui kajian literatur ini, pengkaji dapat memberikan gambaran dan pemahaman yang jelas mengenai sejarah dan kegunaan tembaga kepada umum. Selain itu, melalui kajian literatur ini juga pengkaji dapat menjelaskan sifat-sifat tembaga, jenis makhluk perosak yang sering menyerang tembaga, kaedah pengesanan dan perlindungan yang digunakan serta kepelbagaian teknologi inovatif dan kaedah

alternatif untuk memelihara tembaga. Demikian itu, dalam masa yang sama, pengkaji dapat meningkatkan pengetahuan mengenai aplikasi perlindungan tembaga yang boleh digunakan dalam pemeliharaan dan industri.

Tuntasnya, hasil daripada kajian literatur ini, pengkaji dapat memberikan penjelasan maklumat dan fakta yang diperoleh sepanjang membuat penulisan projek penyelidikan secara lebih terperinci. Kajian literatur ini mampu menguatkan dan mengukuhkan lagi tajuk kajian yang dipilih serta dalam masa yang sama mampu memberikan sumber dan input baharu kepada penyelidik di luar sana.

## **BAB 3**

### **METODOLOGI KAJIAN**

#### **3.1 Pengenalan**

Bab ini akan membincangkan metodologi kajian yang akan digunapakai oleh pengkaji sewaktu melaksanakan tugas ini untuk memastikan penetapan objektif dapat dicapai. Melalui kaedah metodologi yang tepat, ia dapat membantu pengkaji merancang penelitian yang efektif dan berkesan. Hal ini kerana, setiap kaedah yang dipilih dalam proses penyelidikan ini akan digunakan sebagai bahan bukti dan rujukan kepada penyelidik sewaktu menyiapkan keseluruhan tugas. Pada bab ini juga, pengkaji akan memaparkan carta alir mengenai proses-proses yang akan dilakukan dalam kajian. Carta alir tersebut merupakan gambaran ringkas bagi memudahkan pemahaman dan penyampaian maklumat untuk menjawab permasalahan kajian.

#### **3.2 Reka bentuk kajian**

Pengkaji telah menggunakan beberapa reka bentuk kajian bagi memperoleh maklumat dan data yang lebih terperinci mengenai kaedah pengesanan dan perlindungan tembaga daripada serangan makhluk perosak. Kajian ini dilakukan dengan menggunakan pengumpulan data secara kajian kes

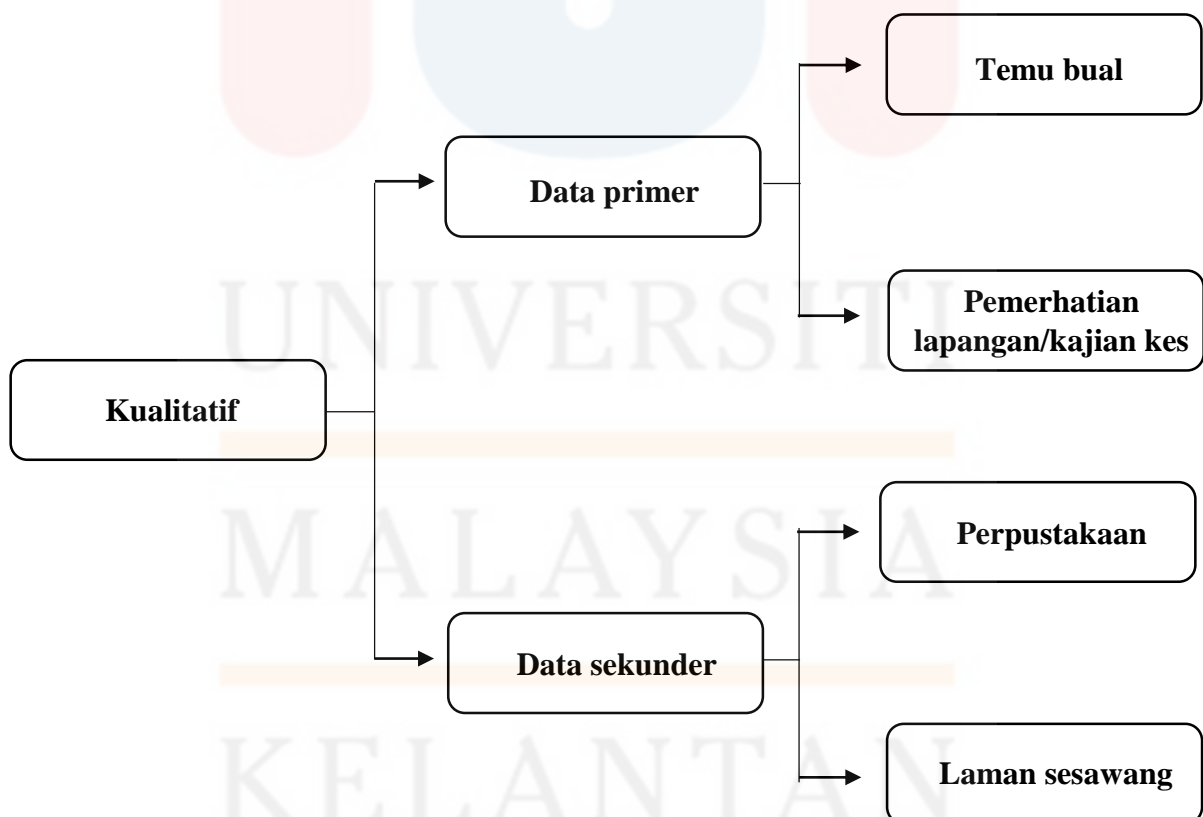
Pengumpulan data kajian kes merupakan suatu pendekatan penyelidikan yang melibatkan pengumpulan maklumat dari pelbagai sumber untuk memahami, menganalisis, dan membuat kesimpulan mengenai sesuatu topik yang akan dikaji. Ia juga memerlukan pengkaji membuat pengumpulan data secara pemerhatian, pendokumentasian, dan penganalisan yang ditetapkan. Setelah data tersebut

dikumpul, pengkaji akan melakukan beberapa analisis kualitatif bagi mengenal pasti dan menilai keberkesanan bagi setiap kaedah yang digunakan.

### 3.3 Kaedah pengumpulan data

Kajian ini menghasilkan maklumat dan data berbentuk kualitatif. Data kualitatif melibatkan perolehan maklumat yang bersumberkan daripada deskripsi dan bahan ilmiah. Data kualitatif juga berbentuk informasi secara lisan atau tingkah laku manusia. Kaedah pengumpulan data ini merangkumi pemerhatian lapangan/kajian kes kajian kes dan temu bual. Akhirnya, hasil daripada data yang terkumpul akan disusun dengan rapi untuk memastikan kelancaran proses kerja penyelidikan.

#### 3.3.1 Kualitatif



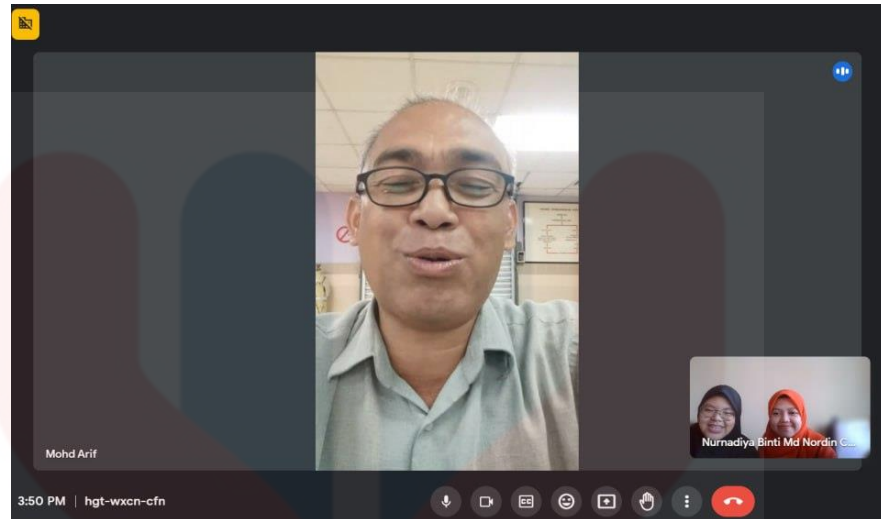
Rajah 3.1 carta alir kaedah kualitatif

Kajian ini menghasilkan maklumat dan data berbentuk kualitatif. Hasil daripada data yang terkumpul tersebut, akan disusun dengan rapi untuk memastikan kelancaran proses kerja penyelidikan.

Data kualitatif boleh dibahagikan kepada dua kategori utama iaitu primer dan sekunder. Data primer dikumpulkan secara langsung oleh pengkaji dari sumber rujukan asalnya sebagai data kualitatif primer. Ini melibatkan pengumpulan data khusus seperti melalui temu bual dan pemerhatian lapangan/kajian kes. Kajian temu bual adalah satu kaedah penyelidikan yang melibatkan interaksi langsung antara pengkaji dan responden dengan tujuan mengumpul data kualitatif berkenaan pandangan, pengalaman, dan pengetahuan responden mengenai topik kajian. Manakala, bagi kajian pemerhatian lapangan/ kajian kes adalah merupakan suatu kaedah penyelidikan di mana ia akan diteliti dan diamati secara langsung. Kaedah pemerhatian ini merupakan kaedah mendapatkan maklumat dan data kajian dengan cara melihat perilaku, interaksi, atau kejadian di lapangan. Kaedah pemerhatian ini merangkumi dua kaedah iaitu kaedah pemerhatian secara turut serta dan pemerhatian secara tidak turut serta. Dalam proses penghasilan kajian ini, pengkaji telah menggunakan kaedah pemerhatian tidak turut serta, iaitu tidak terlibat secara langsung dalam aktiviti turun lapangan.

Akan tetapi, pengkaji telah membuat temu bual bersama En Mohd Arif bin Abd. Razak iaitu Pembantu Muzium Kanan, Muzium Negeri Terengganu. Temu bual telah dijalankan secara atas talian melalui platform *Google Meet*, pada tarikh 17 Disember 2023.





Rajah 3.2 Sesi temu bual bersama En. Mohd Arif

Bagi kategori data sekunder pula, ia melibatkan pengumpulan data bersumberkan daripada rujukan perpustakaan dan laman sesawang. Dari segi sumber rujukan perpustakaan, ia merujuk kepada bahan-bahan atau sumber-sumber yang boleh diperolehi daripada perpustakaan untuk mendapatkan maklumat, rujukan, atau bahan-bahan penyelidikan. Sumber rujukan perpustakaan merangkumi buku ilmiah, jurnal akademik, majalah dan juga kajian atau laporan penyelidikan terdahulu. Manakala, sumber rujukan laman sesawang merujuk kepada laman web atau sumber daripada internet yang menyediakan maklumat, data, sumber-sumber penyelidikan, dan juga rujukan tidak kira dalam pelbagai bidang. Laman sesawang merupakan antara kaedah termudah yang mana, ia boleh dijadikan sebagai sumber rujukan tanpa memerlukan pengkaji untuk turun lapangan.

### 3.4 Analisis data

Analisis data kajian ialah proses menganalisis data lebih daripada satu atau lebih penyelidikan. Analisis data dilakukan dengan tujuan untuk mencari maklumat, mengenal pasti hubungan atau pola, dan menjawab kepada soalan kajian. Penganalisan data yang dikumpulkan ini adalah berdasarkan daripada kajian literatur, pengumpulan data primer dan sekunder untuk mengenal pasti kaedah dan teknologi yang paling berkesan dalam pengesanan dan perlindungan tembaga daripada serangan makhluk perosak

Antara proses biasa untuk menganalisis data kajian ialah dengan membuat pemilihan dan teknik analisis yang sesuai berdasarkan jenis data yang dikumpulkan dan soalan kajian yang ingin dijawab. Dalam proses ini, analisis statistik merangkumi ujian hipotesis dan perbandingan.

Setelah melakukan penganalisan data, hasil daripada dapatan kajian tersebut akan menghasilkan sebuah kesimpulan yang relevan dengan pertanyaan dan objektif kajian. Kesimpulan ini dibuat berdasarkan analisis statistik yang digunakan. Analisis data ini bertujuan untuk memahami data dengan lebih baik, mencari pola atau hubungan dalam data, menguji hipotesis, dan membuat kesimpulan yang didukung oleh data.

### 3.5 Rumusan bab

Dapat disimpulkan bahawa, metodologi kajian adalah merupakan salah satu struktur yang amat penting dalam setiap pelaksanaan kajian penyelidikan.

Pada bab ini, metodologi kajian merangkumi reka bentuk kajian, pemilihan sampel, kaedah pengumpulan data dan juga analisis data kajian. Melalui metodologi kajian, pengkaji dapat membuat strategi dan perancangan lebih awal mengenai kaedah penghasilan maklumat yang akan digunapakai sepanjang melaksanakan projek penyelidikan bagi mendapatkan data-data dan maklumat yang lebih tepat dan sistematik.

Ringkasnya, pemilihan metodologi yang sesuai dalam pelaksanaan kajian, dapat memberi pengaruh kepada pengumpulan data yang baik dan analisis maklumat yang tepat.

## BAB 4

### ANALISIS DATA

#### 4.1 Pengenalan

Menerusi bab ini, pengkaji akan melampirkan maklumat mengenai hasil keputusan kajian, setelah analisis dilakukan berpandukan objektif kajian. Sehubungan dengan itu, setiap hasil keputusan kajian juga diperoleh dan dijelaskan secara terperinci berdasarkan susunan objektif kajian yang telah ditetapkan sebelum ini dalam bab 1 iaitu:

1. Menilai keberkesanan kaedah pengesanan dan perlindungan tembaga sedia ada dalam menghadapi serangan makhluk perosak dan mengenal pasti kelemahan atau kekurangan dalam pendekatan semasa.
2. Mengkaji jenis-jenis makhluk perosak yang menyerang tembaga, mekanisme serangan mereka, dan menghasilkan strategi pemeliharaan dan perlindungan yang lebih efektif.
3. Menggali potensi inovasi dan teknologi baru dalam bidang pengesanan dan perlindungan tembaga untuk meningkatkan keberkesanan pemeliharaan, serta menilai kesan jangka panjang mereka terhadap tembaga dan alam sekitar.

Sepanjang pelaksanaan kajian bagi melengkapinya objektif satu dan dua, pengkaji telah menggunakan kaedah pemerhatian lapangan/kajian kes dan temu bual. Kaedah ini digunakan bagi memudahkan pengkaji merekod dan mengumpulkan data mengenai kajian terdahulu, seterusnya dapat menghasilkan maklumat yang sesuai dengan konteks yang telah ditetapkan melalui interaksi langsung. Manakala, bagi objektif ketiga,

pengkaji telah menggunakan analisis data sekunder bertujuan menggali cadangan potensi inovasi dan teknologi baharu terhadap tembaga.

#### **4.2 Hasil temuan jenis kerosakan yang menyerang tembaga**

Jenis makhluk perosak yang menyerang tembaga boleh melibatkan pelbagai jenis organisma, terutamanya yang boleh menyebabkan kerosakan terhadap bahan tembaga.

Berdasarkan hasil temu bual pengkaji dengan Encik Mohd Arif bin Abd.Razak iaitu Pembantu Muzium Kanan Sektor Konservasi di Muzium Negeri Terengganu sebelum ini. Pengkaji mendapati bahawa tembaga hanya diserang secara semulajadi sahaja dan kurang diserang secara spesifik oleh serangga. Beliau juga berkata bahawa setakat ini Muzium Negeri Terengganu jarang menghadapi serangan daripada mikroorganisma seperti alga dan kulat atau serangga pemakan kayu. Tambahan lagi, serangga pemakan kayu hanya menyerang tembaga jika tembaga berada di dalam sebuah bekas yang tidak dijaga dengan rapi. Berikutan ketidakcuaian tersebut, serangga pemakan kayu akan terlebih dahulu menyerang kotak simpanan tembaga sekaligus membawa tempas pada tembaga.

Namun begitu, Muzium Negeri Terengganu pernah menghadapi serangan makhluk perosak seperti siput air.

##### **4.2.1 Siput air**

Tembaga ini secara amnya membentuk lapisan oksida atau karbonat pada permukaannya yang berfungsi sebagai pelindung semula jadi terhadap kakisan. Salutan ini membantu melindungi tembaga daripada tindak balas kimia yang boleh menyebabkan kakisan selanjutnya.

Siput air adalah antara jenis makhluk perosak yang boleh merosakkan lapisan pelindung pada struktur atau permukaan tembaga di bawah air dengan menggunakan lidah atau radula yang bersifat kasar untuk mengikis atau merosakkan salutan pelindung semula jadi seperti lapisan oksida atau karbonat. Salutan pelindung pada tembaga adalah penting untuk mengelakkan hakisan atau pengoksidaan selanjutnya. Jika lapisan ini rosak, tembaga akan menjadi lebih mudah diserang oleh unsur persekitaran seperti air, oksigen, dan sebatian lain yang boleh menyebabkan kakisan. Dalam beberapa kes, siput air mempunyai struktur anatomi khas yang membolehkan ia merosakkan substrat di sekelilingnya. Dari konteks biologi, substrat merujuk pada permukaan di mana organisma hidup atau berkembang. Seperti contoh, tembaga yang menjadi tempat hidupnya siput air.

Sesetengah spesies siput air boleh menghasilkan asid sebagai sebahagian daripada proses pencernaan atau metabolisme mereka. Asid yang dihasilkan oleh siput air boleh berinteraksi dengan tembaga dan melarutkannya. Impaknya, larutan asid tersebut boleh merosakkan integriti struktur kuprum dan mengurangkan ketahanannya terhadap kakisan.

Gabungan hakisan mekanikal dan kesan asid boleh menyebabkan kerosakan ketara kepada kuprum, terutamanya jika keadaan persekitaran memihak kepada aktiviti ini. Oleh itu, cat *anti-fouling* telah direka khusus untuk mengelakkan pertumbuhan organisma marin pada permukaan yang dicat. Ini boleh membantu melindungi tembaga daripada serangan siput laut dan organisma marin yang lain. Menerusi pemantauan dan penyelenggaraan struktur tembaga bawah air, ia boleh membantu mengesan dan menangani potensi kerosakan lebih awal sebelum ia menjadi ketara.

Oleh kerana itu, tembaga di bawah air perlu dilaksanakan kawalan pemantauan secara berkala. Hal ini supaya segala kerosakan seperti kebocoran dan karat dapat dikesan dengan lebih awal. Antara contoh tembaga di bawah air adalah seperti bahan struktur kapal atau bot, saluran air bawah laut untuk sistem peredaran air di kawasan marin, kabel bawah laut untuk menyalurkan tenaga elektrik dan banyak lagi.

Kepentingan langkah pencegahan ini adalah untuk memastikan integriti struktur tembaga berada dalam kondisi yang terbaik. Dengan memberi perhatian kepada keadaan persekitaran dan melaksanakan langkah-langkah penjagaan yang sesuai, tembaga dapat dipelihara dan dilindungi daripada kemungkinan kerosakan oleh organisma marin.

### **4.3 Keberkesanan kaedah pengesanan dan perlindungan serangan makhluk perosak pada tembaga**

Pada bahagian ini, pengkaji akan menyatakan dan menerangkan dengan lebih terperinci mengenai keberkesanan kaedah pengesanan serangan makhluk perosak.

Sewaktu mengkaji keberkesanan terhadap serangan makhluk perosak, perlunya untuk mengetahui skop pemeriksaan yang perlu diberi perhatian. Skop pemeriksaan visual terdiri daripada pemeriksaan kuantiti dan berat serta pemeriksaan dimensi.

#### **4.3.1 Pemeriksaan visual**

Pemeriksaan visual adalah salah satu kaedah penting untuk melengkapkan kajian keberkesanan yang akan dijalankan. Ia melibatkan pengamatan secara langsung untuk mengenal pasti tanda-tanda serangan makhluk perosak atau gejala-gejala yang mungkin disebabkan oleh serangan tersebut.

Terdapat beberapa kelemahan dan kekurangan yang perlu diambil kira. Pemeriksaan visual adalah merupakan tindak subjektif di mana ia bergantung kepada

pemerhatian dan penelitian mata manusia. Tambahan lagi, setiap individu mungkin mempunyai persepsi yang berbeza terhadap tanda-tanda atau gejala yang diperhatikan, seperti contoh kaedah ini cenderung untuk mengabaikan kawasan yang sukar dilihat atau tersembunyi. Keberkesanan pemeriksaan visual ini juga bergantung kepada kecekapan dan pengalaman pengkaji dalam mengenalpasti tanda-tanda awal serangan makhluk perosak.

Untuk mengatasi kekurangan ini, beberapa penyelesaian yang diperlukan adalah dengan memberi latihan kepada pengkaji yang terlibat untuk meningkatkan kecekapan mereka dalam mengenalpasti tanda-tanda serangan makhluk perosak. Seterusnya, adalah dengan membuat pemeriksaan dan pengimbasan secara menyeluruh termasuk bahagian yang tersembunyi.

Antara alat yang sesuai digunapakai adalah seperti Mikroskop Digital. Mikroskop digital diperlukan untuk membantu meneliti dan memeriksa tekstur objek serta dalam masa yang sama, merekod kerosakan kecil yang sukar dilihat oleh mata kasar.



Rajah 4.1 Mikroskop Digital

Sumber: Koleksi pengkaji



Pemeriksaan visual melibatkan pemeriksaan awalan keseluruhan objek tembaga secara menyeluruh termasuk bahagian yang mungkin tersembunyi atau sukar dilihat. Makhluk perosak cenderung bersembunyi di tempat-tempat yang kurang terpapar cahaya atau tidak mudah terlihat. Setelah itu, hasil daripada pemeriksaan visual ini perlulah direkodkan secara teliti dengan mencatatkan lokasi, jenis tanda-tanda dan juga sebarang pemerhatian terhadap perkembangan kondisi tembaga. Tujuan perekodan ini adalah untuk memudahkan dan membantu pengkaji dalam proses pemantauan dan pengurusan keseluruhan awalan bagi objek tembaga. Selain itu, pemeriksaan visual terhadap tembaga juga melibatkan perbandingan antara kondisi asal dan kondisi selepas. Oleh itu, sebarang perubahan yang signifikan dalam pemerhatian dan penampilan tembaga, perlu direkodkan sebagai bukti adanya serangan makhluk perosak.

Umumnya, pemeriksaan visual adalah merupakan langkah awal dalam diagnosis suatu kajian dan ia seringkali dijadikan sebagai kaedah dalam mengenalpasti serangan makhluk perosak terhadap tembaga. Kepekaan terhadap perincian dan konsistensi dalam melakukan pemeriksaan visual secara berkala adalah sangat penting untuk memantau perubahan atau perkembangan yang mungkin akan berlaku. Jika tanda-tanda serangan telah ditemui, langkah seterusnya adalah merancang tindakan pengurusan yang sesuai untuk mengawal atau menghilangkan makhluk perosak tersebut

Setelah itu, skop selanjutnya adalah dengan membuat pemeriksaan kuantiti dan berat pada tembaga. Pemeriksaan ini melibatkan pengukuran kuantiti dan berat tembaga yang dapat memberikan gambaran keseluruhan tentang keparahan serangan. Pada tahap awal, ia dimulakan dengan pemeriksaan, pengenalpastian dan pengukuran jumlah objek tembaga yang terjejas disebabkan serangan makhluk perosak. Pada

bahagian ini, pemeriksaan tersebut merangkumi pengenalpastian terhadap barang tembaga, struktur tembaga, atau objek seni tembaga. Antara tujuan pemeriksaan ini adalah untuk menentukan bilangan objek serta berat keseluruhan objek. Pemeriksaan ini memerlukan penggunaan alat pengukuran yang sesuai untuk mengukur jumlah dan berat objek.

Skop pemeriksaan yang selanjutnya adalah dengan membuat pemeriksaan dimensi pada objek tembaga untuk mengenalpasti tanda-tanda perubahan atau kerosakan bahagian-bahagian yang mungkin disebabkan oleh serangan makhluk perosak. Pemeriksaan ini melibatkan pengukuran dan pengiraan dimensi objek termasuk ukuran panjang, lebar dan tinggi. Antara tujuan pemeriksaan ini dilakukan adalah untuk menilai perubahan dalam saiz atau bentuk objek, mengenal pasti tanda-tanda kehilangan atau deformasi yang mungkin disebabkan oleh serangan makhluk perosak. Dalam proses pengukuran dimensi tembaga, perlunya menggunakan alat pengukuran yang sesuai seperti contoh pembaris, pita pengukur atau alat ukur dimensi yang sesuai untuk memastikan kebolehpercayaan dan ketepatan data yang diperolehi.



Rajah 4.2 Pita pengukur

Sumber: Koleksi pengkaji

Antara maklumat yang akan dikumpulkan dalam pemeriksaan ini adalah melibatkan maklumat terperinci tentang struktur dan bentuk objek untuk memudahkan pengkaji mengenalpasti segala perubahan yang mungkin disebabkan oleh serangan makhluk perosak atau faktor lain. Melalui pengaplikasian pemeriksaan ini terhadap tembaga, ia amat berguna untuk dan memantau perubahan dalam saiz objek, struktur logam, atau elemen tembaga lainnya yang mungkin terjejas oleh serangan makhluk perosak.

#### **4.3.2 Pemantauan persekitaran**

Kaedah pengesanan dan pemantauan persekitaran terhadap tembaga daripada serangan makhluk perosak boleh memberikan keberkesanan yang baik dalam pemeliharaan dan penggunaan tembaga sebagai bahan antimikrob. Tembaga telah lama dikenali kerana sifatnya yang antimikrob iaitu bermaksud boleh membunuh atau menghalang pertumbuhan mikrob seperti bakteria, kulat, dan virus.

Untuk membuat pemantauan persekitaran pada tembaga, beberapa kaedah yang boleh diikuti antaranya dengan menggunakan kawalan suhu dan kelembapan. Pengawalan adalah diperlukan bagi memastikan tembaga sentiasa berada suhu dan kelembapan yang sesuai serta memastikan kestabilan jangka panjang yang baik. Pengawalan suhu dan kelembapan juga merupakan antara faktor penting untuk menjaga keberkesanan tembaga sebagai agen antimikrob dan dalam masa yang sama mencegah serangan makhluk perosak.

Antara kaedah pengawalan yang boleh dilakukan adalah dengan memastikan tembaga sentiasa berada dalam julat yang sesuai. Suhu yang terlalu tinggi atau terlalu rendah boleh mempengaruhi keadaan fizikal tembaga seperti karat. Mengikut suhu Malaysia, antara suhu yang sesuai digunakan untuk tembaga adalah dalam lingkungan

22°C hingga 25°C serta RH sekitar 40 hingga 50. Kadar pencahayaan atau sinar UV yang sesuai digunakan pada tembaga juga adalah kurang daripada 50.

Alat yang sesuai digunakan adalah seperti *Thermohygrometer*. Mengikut data yang diperoleh oleh pengkaji melalui temu bual, kebiasaannya Muzium Negeri Terengganu menggunakan alat *Thermohygrometer* jenis graf untuk menyukat suhu dan kelembapan pada tembaga secara langsung. Berdasarkan pencarian pengkaji, alat tersebut mampu memantau keadaan persekitaran tembaga daripada serangan makhluk perosak



Rajah 4.3 contoh bacaan alat *Thermohygrometer* graf

Sumber: Laman web

Jadual 4.1 kelebihan dan kekurangan *Thermohygrometer* graf.

<b><i>Thermohygrometer</i> graf</b>	
<b>Kelebihan</b>	<b>Kekurangan</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Memantau dan mengesan perubahan persekitaran tembaga</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Keterbatasan kebolehcapaian jarak jauh</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dilengkapi dengan paparan graf dan sistem penggera</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Keterbatasan pemberitahuan dan sistem penggera</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mampu menyimpan hasil pengukuran suhu dan kelembapan.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiada penyimpanan data untuk jangka masa panjang</li> </ul>

Berdasarkan jadual perbandingan di atas, dapat disimpulkan bahawa *Thermohygrometer* graf mempunyai kelebihan dan kekurangannya yang tersendiri.

Kelebihan alat *Thermohygrometer* graf adalah dapat memantau persekitaran tembaga dan mengesan segala perubahan pola mengenai suhu, kelembapan dan pergerakan makhluk perosak pada tembaga. Selain itu, ia dalam masa yang sama dilengkapi dengan paparan yang mampu menampilkan data suhu dan kelembapan secara dalam bentuk graf dan juga sistem penggera yang akan berbunyi bagi keadaan-keadaan yang tertentu. Seterusnya, alat *Thermohygrometer* juga mampu menyimpan hasil pengukuran suhu dan kelembapan bagi memudahkan pegawai untuk memantau perubahan pada tembaga.

*Thermohygrometer* graf memiliki kekurangan dari sudut keterbatasan kebolehcapaian jarak jauh, di mana pengguna tidak dapat memantau keadaan suhu dan kelembapan persekitaran tembaga walaupun dari jarak jauh. Mereka hanya dapat melihat data secara langsung dari paparan bacaan *Thermohygrometer* di kawasan sekitar tembaga sahaja. Kekurangan seterusnya adalah keterbatasan pemberitahuan dan sistem penggera. Kebiasaanya alat ini dilengkapi dengan sistem penggera jika suhu atau kelembapan melebihi batas yang sepatutnya. Namun, disebabkan alat ini tidak mempunyai sambungan jaringan dengan sistem IoT, penggera tersebut hanya dapat

diaktifkan di lokasi sekitar dan pengguna yang berada pada jarak jauh tidak dapat menerima pemberitahuan atau peringatan ke peranti. Seterusnya, *Thermohygrometer* graf tidak mempunyai penyimpanan data untuk jangka masa panjang. Hal ini akan menyebabkan pengguna tidak dapat mengenalpasti pola perubahan suhu dan kelembapan tembaga dari masa ke masa.

#### **4.4 Cadangan teknologi inovatif dan keberkesanan kaedah alternatif dalam perlindungan tembaga.**

Secara umumnya, teknologi inovatif adalah konsep yang memberi tumpuan pada peningkatan atau perubahan yang baru dalam cara perlindungan atau penggunaan tembaga. Manakala, kaedah alternatif merujuk kepada pendekatan atau cara yang berbeza daripada yang biasa digunakan bertujuan untuk mencapai hasil yang sama atau lebih baik dalam perlindungan dan penggunaan tembaga seperti contoh dengan menggunakan bahan sedia ada atau pendekatan organik.

Menerusi penelitian pengkaji, beberapa cadangan teknologi inovatif yang telah dikenalpasti keberkesanannya dan sesuai diaplikasikan pada bahan tembaga daripada serangan makhluk perosak.

##### **4.4.1 Teknologi inovatif bagi artifak tembaga**

Seperti yang sudah sedia maklum, *Thermohygrometer* merupakan antara alat yang sesuai bagi memantau keadaan persekitaran tembaga dari segi pengawalan suhu dan kelembapan untuk mengawal serangan makhluk perosak. Namun alat ini telah mengalami beberapa perubahan teknologi di mana kini ia telah dilengkapi dengan teknologi sensor seperti peranti IoT. IoT atau *Internet of Things* ialah konsep di mana kita boleh bertukar-tukar pelbagai sumber maklumat serta berinteraksi dengan objek

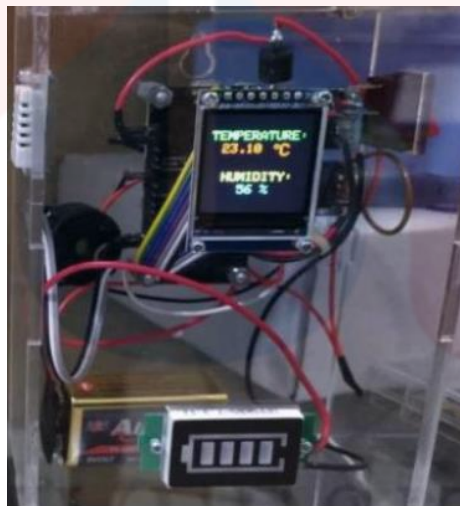
sekeliling melalui sambungan internet. Terdapat beberapa kelebihan dan kekurangan *Thermohygrometer* berasaskan IoT yang telah dikenalpasti oleh pengkaji.

Jadual 4.2 Kelebihan dan kekurangan *Thermohygrometer* berasaskan IoT

<b><i>Thermohygrometer</i> berasaskan IoT</b>	
<b>Kelebihan</b>	<b>Kekurangan</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Boleh memberi data secara automatik dengan jarak yang jauh</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kebergantungan dengan capaian internet</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Boleh menyimpan data untuk jangka masa yang panjang</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Risiko keamanan dan privasi data</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menghantar pemberitahuan dan makluman dengan pantas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Memerlukan kos tambahan</li> </ul>

Kelebihannya, melalui gabungan dan penambahan sistem IoT tersebut, alat *Thermohygrometer* akan menjadi lebih pintar dan dapat mengukur, merekod dan mendokumentasikan hasil pengukuran terhadap tembaga secara automatik dengan jarak yang jauh meskipun tanpa campur tangan pegawai asalkan memiliki capaian internet. Selain itu, data bacaan suhu dan kelembapan juga adalah berbentuk nombor dan graf dan boleh dicapai melalui laman web [thingspeak.com](https://www.thingspeak.com). Laman web tersebut dapat menyimpan data hasil bacaan dan boleh dimuat turun bila-bila masa mengikut keperluan. Selain itu, melalui teknologi IoT, pengguna akan menerima pemberitahuan atau makluman jika suhu atau kelembapan tembaga mencapai had yang telah ditetapkan. Hal ini juga membolehkan tindak balas yang pantas dan cepat dalam memantau perubahan tembaga serta mengekalkan persekitaran yang diingini.

Namun begitu, *Thermohygrometer* berasaskan IoT juga memiliki beberapa kekurangan. Kebergantungannya dengan capaian internet akan menjadi satu masalah apabila sambungan terputus atau terjadi gangguan jaringan. Selain itu, alat ini mempunyai risiko terhadap keamanan dan privasi data. Data suhu dan kelembapan yang dihantar melalui jaringan internet, berpotensi tinggi menjadi sasaran penggodam, jika ia tidak disulitkan dengan betul atau tidak dilindungi secukupnya. Seterusnya, *Thermohygrometer* graf yang terhubung dengan IoT, mungkin memerlukan kos tambahan termasuk kos langganan internet dan langganan platform data.



Rajah 4.4 contoh *Thermohygrometer* graf berasaskan IoT

Sumber: Laman web

Walaupun *termohigrometer* berasaskan IoT memiliki beberapa kekurangan dan kelebihan tersendiri, tidak dapat dinafikan alat tersebut merupakan antara teknologi inovatif terbaik kerana dengan hasil penyepaduan antara teknologi maklumat dan komunikasi, ia boleh menghasilkan penyelesaian inovatif bagi pemantauan persekitaran tembaga.



#### 4.4.2 Teknologi inovatif bagi struktur tembaga di bawah air

Penggunaan bahan anti-fouling merupakan teknologi inovatif yang dapat diaplikasikan pada tembaga, terutama dalam konteks perlindungan bahan tembaga yang terendam di bawah air.

Anti-fouling merujuk kepada bahan atau cat yang direka untuk mencegah atau mengurangkan Biofouling atau lebih dikenali sebagai pertumbuhan organisma laut seperti siput air. Ringkasnya, biofouling dapat menyebabkan pelbagai masalah seperti penurunan keberkesanan kapal, kerosakan struktur bawah air, atau perubahan ekosistem di sekitarnya. Sebuah organisasi yang dikenali sebagai IMO atau *International Maritime Organization* mendefinisikan '*Anti-Fouling System*' sebagai jenis lapisan cat atau kaedah yang digunakan pada kapal untuk mengawal dan mencegah kehadiran organisma laut yang tidak diinginkan. Oleh disebabkan itu, teknologi ini dihasilkan untuk memberikan beberapa manfaat khususnya dalam penggunaan aplikasi tembaga yang terdedah kepada air laut seperti contoh kapal atau bot, saluran air bawah laut, kabel bawah laut, pam air dan juga struktur bawah laut lainnya.



Rajah 4.5 Penggunaan sistem anti-fouling pada kapal laut

Sumber: Laman web

Berikut merupakan perbandingan antara kelebihan dan kekurangan bahan anti-fouling:

Jadual 4.3 kelebihan dan dan kekurangan bahan anti-fouling

<b>Bahan anti-fouling</b>	
<b>Kelebihan</b>	<b>Kekurangan</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Membantu memelihara tembaga daripada karat</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Memberi kesan buruk kepada persekitaran dalam laut</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Daya tahan yang lama</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mengekalkan kelicinan permukaan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pengeluaran kos yang tinggi</li> </ul>

Dapat disimpulkan bahawa, bahan yang terdapat dalam cat anti-fouling ini dapat membantu memelihara tembaga daripada karat dan dalam masa yang sama memelihara kestabilan struktur tembaga di bawah air. Cat anti-fouling berasaskan tembaga telah digunakan untuk memerangi kekotoran marin selama lebih 200 tahun (Brady 2000; WHOI 1952a). Selain itu, cat *anti-fouling* juga mempunyai daya tahan yang lama dan baik. Ia dapat memastikan kapal dapat terlindung daripada serangan pertumbuhan organisma laut dalam tempoh masa yang lama tak memerlukan pengaplikasian ulang. Sistem anti-fouling turut membantu mengekalkan kelicinan permukaan. Hal ini akan membantu mengurangkan geseran pada badan kapal dan mengurangkan penggunaan bahan api disebabkan kapal dapat bergerak lebih lancar.

Namun begitu, teknologi anti-fouling ini mempunyai beberapa impak negatif yang dikenalpasti. Penggunaan cat-anti-fouling terhadap tembaga bawah air mampu memberi kesan buruk kepada persekitaran dalam laut. Cat anti-fouling boleh

menyebabkan pencemaran sistem akuatik berhampiran marin serta menghalang perlekatan dan pertumbuhan organisma marin dengan terus melarutkan biosid ke dalam air. Seterusnya, pembelian dan aplikasi teknologi anti-fouling sering melibatkan pengeluaran kos yang tinggi, termasuk kos bahan dan kos peralatan yang sesuai untuk pengaplikasian yang tepat.

Oleh itu, teknologi inovatif anti-fouling ini telah mempertimbangkan kesan sampingan tersebut dengan menghasilkan bahan anti-fouling yang lebih berkualiti dan bagus serta juga meminimalkan pelepasan bahan kimia berbahaya ke dalam ekosistem laut.

#### **4.4.3 Kaedah alternatif**

Dari segi kaedah alternatif pula, ia merujuk kepada suatu kaedah atau pendekatan pemeliharaan terhadap tembaga dengan menggunakan bahan-bahan organik dan bahan-bahan yang lebih mesra alam. Penggunaan kaedah alternatif dalam pemeliharaan tembaga adalah penting dalam usaha untuk menjaga kelestariannya daripada serangan makhluk perosak dan meminimumkan impak negatif kepada alam sekitar.

Mengikut data yang diperolehi melalui temu bual bersama Encik Mohd Arif, beliau berkata bahawa antara kaedah yang pernah digunapakai dalam repositori muzium adalah dengan memastikan setiap kotak pameran diletakkan silika gel. Silika gel berfungsi sebagai penyerap kelembapan. Sebagai contohnya, silika gel boleh mengawal objek di dalam pameran daripada kelembapan yang datang dari luar atau persekitaran yang menyebabkan permukaan menjadi berkulat atau berkarat.



Rajah 4.6 Contoh silika gel

Sumber: Laman web

Silika gel diperbuat daripada silikon dioksida ( $\text{SiO}_2$ ) iaitu merupakan sejenis bahan yang tidak reaktif secara kimia dan tidak berbahaya dari segi fizikal. Ia tidak berwarna dan tidak menghasilkan bau. Kebiasaannya, silika gel boleh diaplikasikan dalam penyimpanan, perlindungan bahan logam daripada pembentukan karat dan banyak lagi. Gel silika sering digunakan untuk melindungi objek atau artifak yang sensitif kepada kelembapan.

Jadual 4.4 Kelebihan dan kekurangan silika gel

<b>Kaedah silika gel</b>	
<b>Kelebihan silika gel</b>	<b>Kekurangan silika gel</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Penghalang fizikal tembaga daripada makhluk perosak</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perlu diganti secara berkala</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mampu menyerap kelembapan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tidak berkesan dalam keadaan basah</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Boleh digunakan semula</li> </ul>	

Berdasarkan jadual perbandingan di atas, dapat disimpulkan bahawa silika gel mampu menjadi penghalang fizikal tembaga daripada serangan makhluk perosak seperti serangga atau mikroorganisma. Hal ini kerana, silika gel adalah antara bahan yang tidak disukai oleh serangga perosak dan boleh menjadi penghalang fizikal yang berkesan untuk mencegah akses mereka kepada permukaan tembaga. Dalam konteks perlindungan tembaga daripada makhluk perosak, silika gel boleh digunakan untuk menyerap kelembapan dari sekeliling tembaga serta membantu mengurangkan kelembapan yang mungkin meningkatkan risiko pembentukan karat atau patina pada permukaan tembaga. Selain itu, silika gel juga boleh digunakan semula bertujuan untuk mengurangkan pembaziran dan menjimatkan sumber daya.

Walaupun begitu, silika gel mempunyai beberapa kekurangan yang terdapat padanya. Antaranya ialah, silika gel perlu diganti secara berkala. Silika gel juga boleh kehilangan keupayaannya untuk menyerap kelembapan dari semasa ke semasa dan perlu diganti secara berkala untuk mengekalkan keberkesanannya. Hal ini boleh meningkatkan kos dan tenaga kerja yang diperlukan untuk penggunaan silika gel dalam kawalan serangga perosak. Selain itu, silika gel tidak berkesan dalam keadaan basah. Walaupun sudah sedia maklum bahawa silika gel mampu menyerap kelembapan, namun jika kawasan persekitaran tembaga tersebut terdedah kepada air yang berlebihan secara langsung, ia mungkin tidak akan berkesan.

## 4.5 Perbandingan kaedah terdahulu dengan teknologi inovatif

### 4.5.1 *Hygrometer* dan *Thermohygrometer IoT*

Sebelum kemunculan teknologi *Termohygrometer*, antara alat yang dahulunya digunakan adalah *Hygrometer*.

*Hygrometer* adalah merupakan salah satu alat yang digunakan untuk mengukur kelembapan dan suhu berasaskan prinsip fizikal atau kimia. Ia boleh memberikan maklumat tentang kelembapan relatif, kelembapan mutlak, atau keduanya. Namun, sesetengah *Higrometer* hanya boleh memberikan maklumat untuk dua keadaan, seperti keadaan kering atau basah. Penggunaan *Hygrometer* melibatkan pelbagai bidang aplikasi termasuk ramalan cuaca, pemantauan kelembapan di makmal, pemantauan di kawasan penyimpanan dan juga kilang.. Dalam konteks perlindungan tembaga daripada makhluk perosak, dahulunya, *Hygrometer* amat diperlukan bagi memastikan tahap kelembapan dikekalkan. Hal ini kerana, antara faktor serangan makhluk perosak ke atas tembaga adalah dipengaruhi oleh kawalan suhu dan kelembapan.

Namun, alat *Hygrometer* ini merupakan suatu alat yang hanya boleh dikendalikan secara manual. Ia bermaksud, pegawai mesti turun lapangan dan mencatat pembacaan data secara terus, tanpa sebarang bacaan automatik. Kebiasaannya, *Higrometer* menggunakan penunjuk analog seperti jarum yang memaparkan skala pengukuran suhu dan kelembapan pada paparan. Pengguna mesti membaca dan merekod kedudukan jarum secara manual untuk menentukan kelembapan relatif dan kelembapan mutlak.



Rajah 4.7 Alat Hygrometer

Sumber: Laman web

Seiring kemajuan teknologi masa kini, alat *Hygrometer* telah mengalami perubahan teknologi dari semasa ke semasa. Selain daripada perlu merekod suhu dan kelembapan secara manual, alat *Thermohygrometer* berasaskan IoT telah diwujudkan bagi mencapai tujuan yang sama iaitu mengawal dan mengesan suhu dan kelembapan tembaga daripada kemungkinan serangan makhluk perosak. Berikut merupakan fungsi serta perbandingan kelebihan dan kekurangan antara kaedah terdahulu *Hygrometer* dan teknologi inovatif *Thermohygrometer IoT* yang telah dikenal pasti oleh pengkaji.

Jadual 4.5 Perbandingan Hygrometer dan Thermohygrometer IoT

Kaedah terdahulu: <i>Hygrometer</i>	Teknologi inovatif: <i>Thermohygrometer IoT</i>
<b>Fungsi:</b>	
Memantau suhu dan kelembapan sekitar tembaga daripada kemungkinan serangan makhluk perosak.	
<b>Kelebihan:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tidak memerlukan internet dan elektrik</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dilengkapi dengan pelbagai ciri dan kebolehan</li> </ul>

• Kos rendah	• Pembacaan lebih tepat
<b>Kekurangan:</b>	
• Keterbatasan fungsi	• Kebergantungan dengan internet
• Pembacaan kurang tepat	• Kos tinggi

Berdasarkan jadual perbandingan di atas, dapat disimpulkan bahawa fungsi *Hygrometer* dan *Thermohygrometer IoT* adalah sama iaitu boleh digunakan untuk memantau suhu dan kelembapan udara di sekitar tembaga. Kedua-dua alat ini boleh mempengaruhi tahap kehadiran patina dan serangan makhluk perosak dalam tembaga. Oleh itu, pemantauan dan pengawalan adalah sangat penting untuk mengekalkan kualiti dan kelestarian tembaga.

Dari segi kelebihan, alat *Hygrometer* tidak memerlukan internet dan elektrik untuk berfungsi. Ini membolehkannya berfungsi dalam pemantauan walaupun tanpa bekalan kuasa dan jaringan internet yang stabil. Selain itu, alat ini juga memerlukan kos yang rendah. Kebanyakan *Hygrometer* adalah agak murah, tidak kira dari segi pembelian mahupun kos penyelenggaraan. Manakala, bagi kelebihan alat *Thermohygrometer IoT* pula, ia dilengkapi dengan pelbagai ciri dan kebolehan. Antaranya, ia mempunyai ciri-ciri seperti kebolehan penyimpanan data yang boleh dimuat turun bila-bila masa, kebolehan pemantauan dengan jarak jauh meskipun tanpa perlu turun lapangan dan juga dilengkapi dengan sistem penggera yang akan memberi pemberitahuan atau makluman jika suhu atau kelembapan tembaga mencapai had yang telah ditetapkan. Seterusnya, alat *Thermohygrometer IoT* mempunyai tahap pembacaan data yang cenderung lebih tepat. Ini menjadikannya dipercayai dan sesuai digunakan untuk menyukat suhu dan kelembapan udara pada tembaga.



Dari segi kekurangan pula, alat *Hygrometer* mempunyai keterbatasan fungsi, di mana ia hanya dapat memberikan informasi tentang kelembapan relatif atau mutlak sahaja. Alat tersebut tidak memiliki ciri-ciri tambahan seperti penyimpanan data, pemantauan jauh, sistem penggera dan banyak lagi. Selain itu, alat *Hygrometer* seringkali memiliki pembacaan data yang kurang tepat. Sesetengah jenis *Hygrometer* mempunyai tahap ketepatan yang rendah kerana ia memerlukan bacaan manual. Pembacaan secara manual boleh terjadinya kesilapan dan mengambil lebih banyak masa. Manakala, antara kekurangan *Thermohygrometer* IoT yang dikenalpasti adalah kebergantungannya dengan internet. Sesetengah ciri *Termohigrometer* IoT memerlukan sambungan Internet, seperti ciri pemberitahuan secara automatik dan juga kebolehcapaian jarak jauh. Ketiadaan sambungan internet boleh mengakibatkan kehilangan fungsi-fungsi tersebut. Seterusnya, alat ini memerlukan kos yang agak tinggi kerana memerlukan kos pembiayaan seperti jaringan internet untuk menghantar data. Tambahan lagi, kewujudan ciri seperti dilengkapi kecerdasan buatan, ciri analisis data dan ketepatan pengukuran juga telah menjadikannya memerlukan kos tambahan.

Kesimpulannya, walaupun kedua-dua alat tersebut mempunyai kelebihan dan kekurangannya sendiri, namun teknologi inovatif *Thermohygrometer* IoT sering dianggap sebagai pilihan yang lebih sesuai kerana dilengkapi dengan pelbagai ciri tambahan untuk menghasilkan data. Pembacaan data yang lebih tepat dalam pemantauan suhu dan kelembapan udara di sekitar tembaga daripada serangan makhluk perosak, telah menjadikannya salah satu teknologi inovasi terbaik.

#### **4.5.2 Pembersihan manual dan sistem *anti-fouling***

Sebelum munculnya sistem *anti-fouling*, antara kaedah terdahulu yang digunakan untuk menangani pertumbuhan makhluk perosak seperti organisma laut pada bahan tembaga bawah air adalah melalui pembersihan manual.

Pembersihan manual melibatkan penggunaan tenaga manusia untuk membersihkan atau membuang organisma marin yang melekat pada struktur tembaga di bawah kapal. Pembersihan secara manual tersebut merangkumi beberapa perkara yang perlu dilakukan. Penyelam akan turun ke dalam air untuk membersihkan atau membuang organisma laut yang melekat pada permukaan kapal. Alatan yang biasa digunakan adalah seperti berus, penghakis dan beberapa lagi alatan lain yang sesuai. Alat-alat ini harus dipilih dengan teliti untuk memastikan keberkesanan dan keselamatan penyelaman. Seterusnya, penyelam akan menggunakan teknik pembersihan yang betul melibatkan penggunaan tekanan yang sesuai dan gerakan yang teliti untuk mengangkat organisma laut tanpa meninggalkan sisa atau merosakkan struktur bahan tembaga yang terdapat pada badan kapal.

Pembersihan secara manual oleh penyelam adalah tugas yang berisiko dan memerlukan latihan yang sesuai serta pemahaman yang mendalam tentang teknik penyelaman dan keberkesanan alat-alat yang digunakan. Justeru, itu, kini kaedah pembersihan pada tembaga di bawah air telah mengalami perubahan teknologi dari semasa ke semasa. Selain daripada perlu membuat pembersihan secara manual, bahan *anti-fouling* telah diwujudkan bagi mencapai tujuan yang sama iaitu mengawal dan mencegah kehadiran organisma laut yang tidak diinginkan.

Jadual 4.6 Perbandingan Pembersihan manual dan *anti-fouling*

<b>Kaedah terdahulu:</b>	<b>Teknologi inovatif:</b>
<b>Pembersihan manual</b>	<b><i>Anti-fouling</i></b>
<b>Fungsi:</b>	

Mengawal dan mencegah kehadiran organisma laut yang tidak diinginkan pada struktur tembaga bawah air.	
<b>Kelebihan:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ketepatan pembersihan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Daya tahan yang lama</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kawalan kualiti</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menjimatkan masa</li> </ul>
<b>Kekurangan:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tidak memiliki daya tahan yang lama untuk jangka masa panjang</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Memberi impak buruk kepada persekitaran dalam laut</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Memerlukan masa dan tenaga yang lebih besar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pengeluaran kos yang tinggi</li> </ul>

Berdasarkan jadual perbandingan di atas, dapat disimpulkan bahawa fungsi pembersihan manual dan sistem *anti-fouling* adalah sama iaitu mampu mengawal dan mencegah kehadiran organisma laut yang tidak diinginkan pada struktur tembaga bawah air seperti siput air.

Dari segi kelebihan, pembersihan manual mempunyai ketepatan pembersihan di mana ia membolehkan pembersihan yang lebih teliti dan membersihkan organisma laut dengan tepat. Hal ini dalam masa yang sama, penyelam yang terlatih boleh menilai struktur tembaga yang terdapat pada kapal secara langsung dan menyasarkan kawasan yang paling terjejas oleh serangan. Selain itu, kaedah pembersihan manual dapat meningkatkan kawalan kualiti. Penyelam dapat menilai secara langsung keadaan struktur tembaga bawah kapal dan melakukan tindakan pembersihan yang sesuai berdasarkan keperluan spesifik struktur kapal tersebut tanpa melibatkan penggunaan bahan kimia yang boleh memberi impak negatif terhadap organisma marin. Di samping

itu, penggunaan bahan *anti-fouling* juga memiliki kelebihan tersendiri di mana ia mempunyai daya tahan yang lebih lama berbanding kaedah yang lain. Ia tidak memerlukan pengaplikasian semula cat pada struktur tembaga pada kapal dalam masa terdekat. Risiko kecederaan dapat dikurangi kerana kebiasaan proses aplikasi bahan *anti-fouling* terhadap struktur tembaga pada bawah kapal boleh dilakukan di darat terlebih dahulu tanpa memerlukan penyelaman manusia ke dalam laut. Selain itu, penggunaan sistem *anti-fouling* ini juga boleh menjimatkan masa. Dengan adanya sistem *anti-fouling* yang efektif dan berkesan, pertumbuhan organisma laut yang tidak diinginkan dapat dicegah tanpa memerlukan pembersihan secara manual atau aplikasi *anti-fouling* yang berkala. Hal ini menjimatkan masa yang biasanya diperlukan untuk proses pembersihan rutin secara manual.

Manakala dari segi kekurangan, keberkesanan pembersihan manual tidak memiliki daya tahan yang lama untuk jangka masa panjang. Organisma laut seperti siput air. Ia boleh menempel kembali pada permukaan tembaga di bawah air dengan cepat setelah pembersihan manual. Oleh itu, ia memerlukan pembersihan rutin secara berkala. Seterusnya, pembersihan manual memerlukan masa dan tenaga yang lebih besar. Proses pembersihan manual memerlukan tenaga manusia dan selalunya mengambil masa yang agak lama, terutamanya untuk struktur tembaga pada kapal besar. Hal ini boleh memberi kesan kepada jadual operasi kapal dan memerlukan penjadualan khas untuk berbuat demikian. Manakala bagi *anti-fouling*, ia juga memiliki kekurangan dari segi bahan yang digunakan. Bahan *anti-fouling* mempunyai bahan kimia yang boleh memberi kesan buruk kepada persekitaran dalam laut dan juga ekosistem laut. Selain itu, *anti-fouling* juga melibatkan kos pengeluaran kos yang tinggi. Ia mungkin termasuk kos pembelian bahan dan kos peralatan teknologi yang sesuai.

Kesimpulannya, kedua-dua kaedah tersebut mempunyai kelebihan dan kekurangannya sendiri. Berdasarkan hasil carian pengkaji, teknologi inovatif *anti-fouling* sering dianggap sebagai pilihan yang lebih sesuai, produktif dan berkesan dalam mengawal pertumbuhan organisma marin yang tidak diinginkan pada struktur tembaga pada kapal.

Namun begitu, kajian ini mementingkan penggunaan kaedah-kaedah yang boleh memberi kesan yang baik terhadap alam sekitar dan kesihatan manusia serta dalam masa yang sama menyarankan pendekatan yang lebih lestari dan mesra alam dalam memelihara tembaga. Oleh itu, pengkaji telah mempertimbangkan bahawa penggunaan teknologi inovatif *anti-fouling* adalah kurang disarankan untuk digunakan.

Walau bagaimanapun, itu hanya pendapat daripada pengkaji dan keputusan untuk menggunakan antara kedua kaedah tersebut adalah bergantung pada keperluan serta pertimbangan yang perlu diambil kira, tidak kira sama ada dari segi kecekapan pengaplikasian, kos mahupun keberkesanan jangka masa panjang pada tembaga.

## BAB 5

### RUMUSAN, CADANGAN DAN INTERPRETASI

#### 5.1 Pengenalan

Kaedah pengesanan dan perlindungan tembaga amat penting untuk diberi perhatian agar tembaga dapat terhindar daripada serangan makhluk perosak. Oleh itu, pada bab ini pengkaji akan merumuskan secara keseluruhan dan memaparkan beberapa cadangan yang boleh dilaksanakan pada masa hadapan beserta dengan interpretasi data berhubung dengan hasil kajian.

##### 5.1.1 Rumusan kajian

Secara keseluruhannya, dapat dirumuskan bahawa kajian yang dijalankan adalah berfokus kepada tiga objektif yang berbeza iaitu menilai keberkesanan kaedah pengesanan dan perlindungan tembaga sedia ada dalam menghadapi serangan makhluk perosak dan mengenal pasti kelemahan atau kekurangan dalam pendekatan semasa, mengkaji jenis-jenis makhluk perosak yang menyerang tembaga, mekanisme serangan mereka, dan menghasilkan strategi pemeliharaan dan perlindungan yang lebih efektif, menggali potensi inovasi dan teknologi baru dalam bidang pengesanan dan perlindungan tembaga untuk meningkatkan keberkesanan pemeliharaan, serta menilai kesan jangka panjang mereka terhadap tembaga dan alam sekitar.

Hasil bagi pelaksanaan objektif yang pertama adalah, pengkaji telah menilai keberkesanan kaedah pengesanan dan perlindungan tembaga sedia ada dalam menghadapi serangan makhluk perosak serta dalam masa yang sama dapat mengenalpasti kelemahan atau kekurangan dalam pendekatan semasa. Kesemua maklumat yang diperoleh adalah berpandukan sumber internet.

Seterusnya, hasil daripada pelaksanaan objektif yang kedua, pengkaji telah mengenalpasti jenis-jenis makhluk perosak yang menyerang tembaga serta mekanisme serangan mereka. Melalui hasil temu bual, pengkaji mendapati bahawa tembaga jarang diserang oleh makhluk perosak berspesifikkan serangga. Kebanyakan yang sering dihadapi oleh tembaga adalah serangan secara semulajadi. Di samping itu, strategi pemeliharaan dan perlindungan yang lebih berkesan juga dapat dikenalpasti oleh pengkaji dalam menyelesaikan kajian ini.

Akhir sekali, daripada pelaksanaan objektif yang ketiga pula, pengkaji dapat menggali kaedah teknologi inovatif dan alternatif yang sesuai digunakan pada tembaga. Dalam pada itu, pengkaji juga dapat mengenalpasti dan meningkatkan keberkesanan pemeliharaan serta dalam masa yang sama menilai kesan jangka masa panjang teknologi inovatif dan alternatif terhadap tembaga dan alam sekitar.

Secara keseluruhannya, kajian ini telah berjaya dilaksanakan dengan sebaik mungkin mengikut objektif yang ditetapkan. Pengkaji juga telah menggunakan hasil daripada pemerhatian, analisis data sekunder dan temu duga dengan pihak muzium untuk mencapai setiap objektif-objektif tersebut.

## **5.2 Interpretasi data**

Pada akhir kajian, pengkaji mendapati bahawa walaupun tembaga jarang menghadapi serangan daripada makhluk perosak secara spesifik. Namun, jika kurangnya kawalan dan pemantauan terhadapnya, ia boleh mengundang serangan padanya. Selain itu, terdapat pelbagai kaedah pengesanan dan perlindungan tembaga daripada makhluk perosak termasuk daripada segi pemeriksaan visual dengan menggunakan alat pita pengukur serta penimbang dan juga dari segi pemantauan persekitaran menggunakan alat Thermohygrometer graf.

Lanjut pada teknologi inovatif. Terdapat beberapa teknologi inovatif yang boleh digunakan terhadap tembaga. Pada bahagian ini, pengkaji telah mengenal pasti teknologi yang boleh digunakan terhadap artifak tembaga mahupun struktur tembaga di bawah air. Bagi artifak tembaga, alat Hygrometer telah mengalami perubahan teknologi dari semasa ke semasa. Selain daripada perlu merekod suhu dan kelembapan secara manual, alat Thermohygrometer berasaskan IoT telah diwujudkan bagi mencapai tujuan yang sama. Teknologi inovatif seperti thermohygrometer IoT sering dianggap sebagai pilihan yang lebih sesuai kerana dilengkapi dengan pelbagai ciri tambahan untuk menghasilkan data.

Manakala bagi struktur tembaga di bawah air pula, penggunaan sistem anti-fouling merupakan antara teknologi inovatif yang boleh digunakan bagi menggantikan kaedah terdahulu iaitu pembersihan manual. Namun, pada akhir kajian, pengkaji telah mengenalpasti bahawa walaupun anti-fouling merupakan cara yang lebih mudah digunakan serta berkesan, akan tetapi pengkaji kurang menyarankan penggunaan anti-fouling tersebut pada tembaga. Hal ini kerana, pada cat anti-fouling tersebut, terdapatnya bahan kimia yang boleh merosakkan hidupan marin dalam laut. Ia kurang bersesuaian berikutan kajian ini mementingkan penggunaan kaedah-kaedah yang boleh memberi kesan yang baik terhadap alam sekitar dan kesihatan manusia serta dalam masa yang sama menyarankan pendekatan yang lebih lestari dan mesra alam dalam memelihara tembaga

### **5.3 Cadangan**

Kajian ini membantu membuka mata dan memberi pendedahan kepada masyarakat mengenai kaedah pengesanan dan perlindungan tembaga daripada serangan makhluk perosak. Bagi mengesan dan melindungi tembaga daripada serangan makhluk perosak,



perlunya untuk membuat kawalan persekitaran, kawalan cahaya dan suhu serta membuat pemerhatian terhadap tempat simpanan.

Seperti yang kita sedia maklum, kini tembaga memiliki pelbagai kegunaan yang sehingga kini masih lagi diakui nilainya. Antara objek kegunaan manusia yang diperbuat daripada tembaga adalah merangkumi peralatan dapur, alatan muzik, kabel elektrik, senjata atau alat pertahanan diri, perabot dan hiasan dalaman seperti lampu gantung serta patung, struktur dalaman kenderaan seperti brek dan banyak lagi. Terdapat beberapa cadangan untuk memperkenalkan tembaga sebagai objek warisan serta dalam masa yang sama memperlihatkan kaedah pengesanan dan perlindungan tembaga daripada serangan makhluk perosak terhadap masyarakat. Antara cadangan yang perlu dilakukan bagi mencapai tujuan ini, termasuk:

### **5.3.1 Program pendidikan dan kesedaran**

Pelaksanaan program pendidikan formal dan informal di sekolah dapat meningkatkan lagi kefahaman masyarakat terutamanya pelajar sekolah mengenai sejarah, kegunaan, dan nilai objek tembaga dalam aspek warisan budaya.

Selain daripada itu, dengan mengadakan seminar yang melibatkan jempunan pakar sejarah, seni dan kajian warisan untuk memberi perkongsian dan menyampaikan maklumat mendalam berkaitan tembaga. Melalui program seminar tersebut juga boleh diadakan pelbagai aktiviti seperti bengkel pembuatan tembaga, di mana peserta dapat belajar pengalaman dan mempraktikkan teknik pembuatan tembaga secara langsung. Seminar dan bengkel kemahiran dapat mendorong serta membantu peserta memahami konteks tembaga yang dipelajari.

Melalui program-program ini, diharapkan masyarakat terutamanya pelajar sekolah dapat diberikan pendedahan awal mengenai tembaga sejak daripada kecil. Hal

ini dalam masa yang sama, kita dapat memastikan masyarakat menghargai serta turut bekerjasama dalam usaha pemeliharaan objek tembaga dalam warisan budaya mereka.

### **5.3.2 Sumber Pembelajaran Dalam Talian**

Antara strategi yang efektif untuk meningkatkan lagi pengetahuan dan pemahaman masyarakat, adalah dengan menggunakan media massa sebagai medium pembelajaran.

Seperti contoh, dengan membangunkan laman web khusus yang menyediakan maklumat mendalam mengenai sejarah, kegunaan, dan nilai objek tembaga. Laman web ini boleh mencakupi artikel, gambar, dan video. Selain itu, adalah dengan menggalakkan masyarakat untuk menghasilkan video pendek atau animasi yang menjelaskan proses pembuatan tembaga, kegunaannya dalam masyarakat, dan nilai sejarahnya. Video ini seterusnya boleh dikongsi melalui platform YouTube atau Tiktok.

Di samping itu, dengan membangunkan modul pembelajaran secara atas talian yang dapat diakses secara percuma juga dilihat boleh menjadi antara pelaksanaan yang efektif terhadap masyarakat. Modul ini boleh merangkumi pelbagai aspek, termasuk sejarah, sifat-sifat tembaga, dan teknik perlindungan. Seperti contoh, dengan menghasilkan poster, mengadakan webinar atau seminar atas talian. Program tersebut boleh melibatkan pakar-pakar sejarah, seni atau kajian warisan. Hal ini dalam masa yang sama, dapat memberi peluang kepada pelajar atau pendengar untuk bertanya dan berinteraksi dengan pakar.

### **5.3.3 Media massa**

Media massa boleh memainkan peranan penting dalam membantu memperkenalkan lagi objek warisan seperti tembaga kepada masyarakat.

Antara perkara yang boleh dilakukan adalah dengan membantu mempromosikan objek-objek warisan seperti tembaga di muzium atau galeri warisan

melalui beberapa platform. Penggunaan media sosial seperti Instagram, Facebook, dan Tiktok dapat menjadi platform kepada pihak muzium atau pengumpul koleksi artifak untuk berkomunikasi secara langsung dengan penonton seperti berkongsi maklumat mengenai sejarah tembaga dengan memuat naik gambar atau video mengenainya. Dengan ini, ia dapat menarik perhatian masyarakat dan meningkatkan kesedaran mereka tentang keunikan objek warisan tembaga.

#### **5.4 Kesimpulan**

Kesimpulannya, keseluruhan bab dapat memberikan sumbangan yang penting kepada penyelidik di luar sana untuk memahami, menilai dan mengaplikasikan hasil kajian ini. Jadi, pengkaji berharap agar kajian ini dapat memberi manfaat dan pengetahuan kepada masyarakat terutamanya penyelidik di luar sana yang akan melakukan kajian mengenai kaedah pengesanan dan perlindungan tembaga di masa akan datang. Pengkaji juga berharap agar kajian ini dapat memberi pemahaman yang jelas mengenai keberkesanan teknologi inovatif dan kaedah alternatif terhadap tembaga, serta dalam masa yang sama dapat didedahkan secara meluas dalam skop tempatan dan dijadikan sebagai rujukan kajian dalam bidang penyelidikan di negara ini.

MALAYSIA  
KELANTAN

## RUJUKAN

1. Aziz, M. F. (2010). Andre Geim Dan Konstantin Novoselov: Pemenang Hadiah Nobel Fizik 2010. *Majalah Sains*. Diakses daripada [www.majalahsains.com/andre-geim-dan-konstantin-novoselov-pemenang-hadiah-nobel-fizik-2010/](http://www.majalahsains.com/andre-geim-dan-konstantin-novoselov-pemenang-hadiah-nobel-fizik-2010/)
2. Dexter, S. C. (2003). Microbiologically influenced corrosion. In *ASM Handbook, Volume 13: Corrosion* (pp. 398-416). ASM International
3. Encik Mohd Arif bin Abd. Razak (2023), Kaedah Pengesanan Dan Perlindungan Tembaga Daripada Serangan Makhluk Perosak: Inovasi Dan Kajian Keberkesanan Dalam Pemeliharaan
4. Furzani, A. (2013). Esei Zaman Logam Kump 7. Diakses daripada <https://id.scribd.com/document/136258228/ESEI-ZAMAN-LOGAM-kump-7-1>
5. gd-admin. (n.d). IoT Temperature and Humidity Sensor in Intelligent Breeding of Internet of Things. Diakses daripada [www.hengko.com/ms/application-of-iot-smart-temperature-and-humidity-sensor-in-intelligent-breeding-of-internet-of-things-products/](http://www.hengko.com/ms/application-of-iot-smart-temperature-and-humidity-sensor-in-intelligent-breeding-of-internet-of-things-products/)
6. Hobby Bobby. (n.d). Properly monitoring humidity & temperature with the TFA hygrometer / thermometer [Video]. YouTube. Diakses daripada <https://youtu.be/gTNCotxFO7s?si=i2GrwV9CqULu1Jkm>

7. Ismail, M., & Yusoff, N. (2018). Preservation of cultural heritage: The importance of conservation and restoration. *International Journal of Conservation Science*, 9(3), 583-594
8. Kosec, T., Škapin, A. S., Leštan, D., & Milošev, I. (2010). The Comparison of Organic Protective Layers on Bronze and Copper. *Progress in Organic Coatings*, 69(2), 199-206. doi:10.1016/j.porgcoat.2010.03.012
9. Krishnan, M. Ajay, et al. (2018). Graphene-Based Anticorrosive Coatings for Copper. *RSC Advances*, 8(1), 499-507. doi:10.1039/c7ra10167h
10. Tan, L. (2019). Tembaga laporan kelengkapan pemeriksaan. Cheras Abter Besi Paip. Diakses daripada <https://www.abtersteel.com/ms/inspection-report/copper-fittings-inspection-report/>
11. Mahardiananta, I. M. A., & Suandari, P. V. L. (2023). Design thermohygrometer based on internet of things in clinical laboratory. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 31(3), 1311-1318
12. Media, Kompas Cyber. (2022). 5 Manfaat Tembaga Dalam Industri Dan Kehidupan Manusia. *Kompas.com*. Diakses daripada [www.kompas.com/sains/read/2022/01/04/123100023/5-manfaat-tembaga-dalam-industri-dan-kehidupan-manusia](http://www.kompas.com/sains/read/2022/01/04/123100023/5-manfaat-tembaga-dalam-industri-dan-kehidupan-manusia)

MALAYSIA

KELANTAN

13. Gozetim. (2019). Pemeriksaan Visual (VT). Makmal Eurolab. Diakses daripada [www.gozetim.com/ms/muayene/tahribatsiz/gorsel-muayene-\(vt\)/](http://www.gozetim.com/ms/muayene/tahribatsiz/gorsel-muayene-(vt)/)
14. Rai, M., Deshmukh, S. D., Ingle, A. P., & Gade, A. K. (2018). Copper and Copper Nanoparticles: Role in Management of Insect-Pests and Pathogenic Microbes. *Nanotechnology Reviews*, 7, 1-18. doi:10.1515/ntrev-2018-0031
15. Razak, A., Ahmad, S., & Mohamad, H. (2020). Analysis of factors affecting the corrosion of copper artifacts and conservation strategies. *Heritage Science*, 8(1), 1-12
16. Rizal, A. (2010). Peranan Tembaga dalam Sistem Kewangan Majapahit. *Jurnal Sejarah*, 15(2), 123-136
17. Rosli, F. A. (2021). Pertanian Pintar Guna Teknologi IoT. *Berita Harian*. Diakses daripada [www.bharian.com.my/bisnes/teknologi/2021/02/789182/pertanian-pintar-guna-teknologi-iot](http://www.bharian.com.my/bisnes/teknologi/2021/02/789182/pertanian-pintar-guna-teknologi-iot)
18. Shahid, M., Abbas, N., Iqbal, M., Hussain, M., & Naeem, M. (2021). Application of Nanotechnology for Insect Pests Management: A Review. *Journal of Innovative Sciences*, 7(1), 23-29. doi:10.17582/journal.jis/2021/7.1.28.39
19. Srinivasan, M., & Swain, G. W. (2007). Managing the use of copper-based antifouling paints. *Environmental Management*, 39, 423-441
20. Sulaiman, Z., & Ibrahim, R. (2019). Innovative approaches to the conservation of cultural heritage: A review of recent developments. *Journal of Cultural Heritage*, 37, 56-65

21. Szakalos, P., Hultquist, G., & Wikmark, G. (2007). Corrosion of copper by water. *Electrochemical and Solid-State Letters*, 10(11), C63
22. Thickett, D., Chisholm, R., & Lankester, P. (2013). Development of damage functions for copper, silver and enamels on copper. *climate for collections*, 325-336
23. Zakaria, Z. A. (n.d). Muzium dan masalah makhluk perosak. Diakses daripada [www.jmm.gov.my/ms/content/muzium-dan-masalah-makhluk-perosakkearah-pengurusan-bersepadu](http://www.jmm.gov.my/ms/content/muzium-dan-masalah-makhluk-perosakkearah-pengurusan-bersepadu)

## GLOSARI

### A

***Anti-Fouling;*** Bahan atau cat yang direka untuk mencegah atau mengurangkan pertumbuhan organisma laut pada tembaga bawah air

***Antimikrob;*** Sifat penghalang pertumbuhan mikrob seperti bakteria, kulat, dan virus

### B

***Biosid;*** Sejenis bahan kimia beracun

### C

***CCTV;*** (*closed-circuit television*) atau lebih dikenali sebagai kamera litar tertutup

### H

***Hygrometer;*** Alat yang digunapakai untuk mengukur kelembapan dan suhu tembaga secara manual



**I**

**IoT;** (*Internet of Things*) merupakan sejenis peranti pemantau persekitaran tembaga secara langsung dengan menggunakan sambungan internet

**K**

**Kupang;** Sejenis syiling tembaga yang digunakan pada zaman Majapahit sebagai alat pembayaran

**Kutleri;** Alatan yang digunakan dalam penyediaan makanan

**M**

**Mikroorganisma;** Diistilahkan sebagai makhluk hidup yang sukar dilihat oleh mata kasar seperti kulat

**P**

**Patina;** lapisan berwarna yang terbentuk secara semula jadi pada permukaan tembaga akibat kesan tindak balas kimia dan proses oksida

**Printed Circuit Board (PCB);** Sejenis komponen elektrik seperti papan litar bercetak

**S**

**Substrat;** Merujuk pada permukaan di mana organisma hidup atau berkembang

**T**

**Thermohygrometer;** Alat untuk mengukur suhu dan kelembapan pada tembaga



UNIVERSITI  
MALAYSIA  
KELANTAN

## INDEKS

## A

**Anti-Fouling**, 42, 53, 54, 55,  
61, 62, 63, 64, 65, 68

**Antimikrob**, 18, 28, 47

## B

**Biosid**, 55

## C

**CCTV**, 24, 25

## H

**Hygrometer**, 48, 49, 50, 51, 52,  
58, 59, 60, 61, 67, 68

## I

**IoT**, 24, 25, 26, 49, 50, 51, 52,  
58, 59, 60, 61, 68

## K

**Kupang**, 16

**Kutleri**, 2

## M

**Mikroorganisma**, 1, 2, 18, 22,  
23, 27, 28, 30, 31, 41, 57

## P

**Patina**, 19, 20, 21, 22, 30, 31, 32,  
57, 60

**Printed Circuit Board (PCB)**, 17

**S**

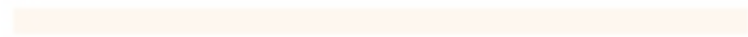
**Substrat**, 42

**T**

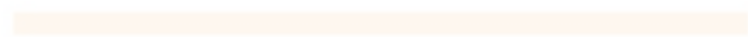
*Thermohygrometer*, 48, 49, 50,  
51, 52, 58, 59, 60, 61, 67, 68



UNIVERSITI



MALAYSIA



KELANTAN

## APPENDIX

### KEJELASAN ISI KANDUNGAN

Kejelasan Isi Kandungan

(Sumber: Hasil Kajian 2023)

<b>Bil.</b>	<b>Isi Kandungan</b>
1.	Bab 1: Pendahuluan
2.	Bab 2: Kajian Literatur
3.	Bab 3: Metodologi Kajian
4.	Bab 4: Analisis Data
5.	Bab 5: Rumusan, Cadangan dan Interpretasi