



UNIVERSITI
TEKNOLOGI
MARA

CONFERENCE PROCEEDING

ICITSBE 2012

**1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON INNOVATION
AND TECHNOLOGY FOR
SUSTAINABLE BUILT ENVIRONMENT**

16 -17 April 2012



Organized by:
Office of Research and Industrial
Community And Alumni Networking
Universiti Teknologi MARA (Perak) Malaysia
www.perak.uitm.edu.my

PAPER CODE: HC 24

PERANAN SAINS DAN TEKNOLOGI DALAM KERJA-KERJA KONSERVASI BANGUNAN BERSEJARAH

Al-Hafzan Abdullah Halim^{1,a}, Siti Norlizaiha Harun² and Md Yusof Hamid¹

¹Jabatan Ukur Bangunan, Fakulti Senibina, Perancangan & Ukur, Universiti Teknologi MARA
(Perak)

²Jabatan Perancang Bandar, Fakulti Senibina, Perancangan & Ukur, Universiti Teknologi MARA
(Perak)

^aalhaf689@perak.uitm.edu.my

Abstrak

Sains dan teknologi merupakan suatu perkara yang penting dalam kerja-kerja konservasi bangunan bersejarah di Malaysia. Antara peranan sains dalam kerja-kerja konservasi adalah melibatkan kerja teknikal dan kerja pakar seperti kajian saintifik dan arkeologi. Kajian saintifik melibatkan pelbagai jenis kajian seperti kajian komposisi bahan binaan, kajian kelembapan, kajian terhadap tumbuhan pada bangunan dan lain-lain kajian sains. Dalam artikel ini, peranan sains ditinjau melalui beberapa perspektif pendekatan dalam konservasi bangunan terutamanya dalam kerja-kerja teknikal. Kebanyakan kajian saintifik merupakan keterlibatan secara langsung para penulis dengan beberapa projek konservasi bangunan di Malaysia. Melalui pengamatan dan beberapan tinjauan literatur terhadap kajian saintifik di beberapa projek konservasi bangunan, peranan sains dan teknologi telah banyak membantu konservator bagi menyelesaikan masalah yang timbul dalam projek konservasi. Kajian saintifik dilihat banyak membantu dalam memberikan jawapan kepada permasalahan terhadap kerja-kerja konservasi seperti komposisi bahan, masalah kelembapan, masalah penggaraman dan pelbagai masalah bangunan bersejarah di Malaysia.

Kata kunci: Sains dan teknologi, konservasi bangunan, bangunan bersejarah

Abstract

Science and technology are very important part in the conservation works of historic building in Malaysia. Among the the role of science and technology in conservation work involve technical and expert works such as scientific research and archeology works. Scientific research involves various types of studies, such as materials composition study, dampness study, vegetation study on buildings and other scientific researches. In this article, the review of science's role is done through some perspective approach in the conservation buildings, especially on the technical works. Most scientific researches is seen from direct involvement of writers with building conservation projects in Malaysia. Through observation and review of literature of some scientific researches in building conservation projects, the role of science and technology can be seen has helped conservators to solve many problems in conservation projects. Scientific research have seen a lot of benefits in helping the development of building conservation work, especially in answering to the problem of conservation work such as material composition, moisture problems, salting and various problems regarding historic buildings in Malaysia.

Keywords: Science and technology, building conservation, historic building

1. Pengenalan

Konservasi adalah segala proses yang terlibat untuk menjaga sesuatu tempat bagi tujuan memelihara kepentingan budaya dengan tindakan perawatan dan mengikut keadaan tertentu termasuk pengekalan, pemulihan, pembangunan semula dan penyesuaigunaan (Zulqarnain Mohamad, 2003). Konservasi memainkan peranan yang penting dalam penstrukturan semula budaya termasuklah pengekalan dari segi warisan ketara seperti bangunan dan monumen. Konservasi dari segi warisan ketara seperti konservasi bangunan memerlukan

suatu plan yang lengkap dalam menentukan keberkesanan sesuatu projek konservasi. Antara perkara yang diperlukan dalam memahami proses konservasi adalah mengetahui kepentingan sesuatu warisan tersebut. Menurut Burra charter 1998, kepentingan dalam konservasi yang dimaksudkan adalah berkaitan dengan estetika, sejarah atau nilai spiritual sama ada yang telah berlalu, kini atau akan datang kepada generasi seterusnya. Dalam merekabentuk sesuatu projek konservasi, terdapat dua elemen penting yang perlu dilihat dalam proses konservasi. Elemen pertama melibatkan sejarah budaya dan yang kedua melibatkan warisan dari segi perspektif konservasi itu sendiri. Dalam artikel ini, penulis akan menyentuh soal perspektif konservasi dari segi sains dan teknologi secara terperinci.

2. Konsep Konservasi Bangunan Di Malaysia

Sebelum huraian berkenaan sains dan teknologi dihuraikan dengan lebih lanjut, perpektif konservasi dapat dilihat daripada 2 sudut yang berbeza. Sudut pertama lebih menekankan soal kesenian, subjek estetika, penghargaan dari nilai sejarah dan proses dokumentasi. Manakala sudut kedua yang dilihat melalui perspektif konservasi adalah berhubung dengan sains dan teknologi dalam konservasi bangunan. Dua konsep ini merupakan perkara yang tidak dapat dipisahkan dalam menangani proses-proses konservasi bangunan di Malaysia. Kerja konservasi yang lengkap memerlukan input 'teamwork' seperti ahli sejarah, arkeologis, arkitek, jurutera, khidmat pakar sains, jurukur bahan, juruukur bangunan dan lain-lain profesional. Pelaksanaan projek konservasi bangunan warisan dan monumen selalunya melibatkan beberapa aliran kerja (Ahmad, 2006). Aliran kerja yang terlibat adalah dimulai dengan proses identifikasi projek, pasukan kerja konservasi dan arkeologi. dokumentasi sejarah dan teknikal, dokumen tender/kerja dan akhir sekali pelaksanaan projek di tapak. Rajah di bawah menunjukkan carta alir bagi pelaksanaan projek konservasi bagi bangunan warisan dan monumen.



Rajah 2.1: Carta alir bagi pelaksanaan projek konservasi bagi bangunan warisan dan monumen
(Sumber: Ahmad, 2006)

Dua sudut bagi perspektif konservasi selalunya dilihat melalui fasa dokumentasi sejarah dan teknikal seperti yang telah ditekankan pada rajah di atas. Konsep kesenian, subjek estetika dan nilai sejarah selalunya diambil sebagai latar belakang sesuatu bangunan atau monumen bersejarah. Aspek ini merupakan suatu yang tidak boleh dibiarkan dan perlu didokumentasikan kerana ia menggambarkan latar belakang mengenai bangunan bersejarah tersebut. Seperti juga seorang doktor yang ingin merawat pesakit, dia perlu mengetahui sejarah latar belakang pesakit, bilakah serangan penyakit berlaku, dan berapa lama pesakit menderita akan penyakit tersebut. Perkara ini juga tidak terlepas dalam 'merawat' bangunan bersejarah. Bangunan bersejarah telah melalui satu tempoh usia yang begitu panjang dan kecacatan yang terjadi merupakan sesuatu yang sukar untuk dijangka. Jadi penilaian pertama terhadap nilai sejarah, kesenian bangunan terutamanya dalam rekabentuk bangunan bersejarah dan subjek estetika telah memberikan gambaran awal kepada konservator dalam memberikan pertimbangan, kaedah atau keputusan dalam kerja-kerja konservasi bangunan bersejarah. Caple (2000), dalam bukunya yang bertajuk Conservation Skills, Judement, Method and Decision making telah menggariskan bahawa terdapat lapan (8) peranan yang perlu dinilai oleh seorang konservator sebelum mempertimbangkan sesuatu kaedah atau keputusan dalam kerja-kerja konservasi iaitu persepsi, penilaian dan pembelajaran, sebab pemuliharaan yang telah lepas, sifat sejarah konservasi, etika konservasi, merekod, menyiasat dan objek pembersihan, penstabilan dan restorasi, pencegahan konservasi dan tanggungjawab dan membuat keputusan. Kesemua perkara yang telah disebutkan di atas oleh Caple (2000) merupakan sudut pertama dalam konsep kesenian, subjek estetika dan nilai sejarah sesuatu bangunan. Ini menunjukkan bahawa perspektif ini merupakan suatu kemahiran yang perlu diasah sebelum melakukan sesuatu keputusan dalam kerja-kerja konservasi. Pengalaman yang didapati melalui projek-projek konservasi sebelum ini juga membantu seorang konservator dalam menentukan kaedah yang tepat dalam kerja-kerja konservasi.

Perspektif kedua dalam konsep konservasi bangunan adalah peranan sains dan teknologi dalam kerja-kerja konservasi bangunan. Seperti yang telah disebutkan sebelum ini, sekiranya doktor ingin merawat pesakitnya, perspektif sejarah tidak mampu membantu mencari jalan penyelesaian terhadap penyakit yang dihadapi, doktor terpaksa menggunakan alat atau instrumen yang dapat mengenalpasti penyakit dengan pelbagai kaedah diagnosis yang moden dan mampu mencari punca penyakit yang dihadapi oleh pesakit lebih-lebih lagi jika pesakit telah berumur. Perkara ini adalah penting untuk mencari penawar atau ubat yang tepat untuk menyembuhkan pesakit. Begitu juga dengan konsep konservasi bangunan bersejarah, penggunaan kaedah sains dan teknologi adalah perlu untuk mengenalpasti punca penyakit atau kecacatan yang dialami oleh bangunan bersejarah, perkara ini adalah penting untuk memanjangkan jangka hayat bangunan bersejarah dari terus diancam kecacatan yang serius pada bangunan. Sains merupakan sebuah proses pengumpulan ilmu atau maklumat dan penyusunannya. Perkataan sains datang daripada bahasa Latin, *scientia*, yang bermakna mendapatkan ilmu atau maklumat. Dan seperti proses mendapatkan maklumat yang lain, sains bermula dengan pengalaman, dan kemudiannya mendapatkan fakta dan peraturan daripadanya. Cara sains mengkaji sesuatu perkara adalah dengan melihatnya dengan teliti, mengukurnya, membuat uji kaji, dan dengan cuba menerangkan mengapa sesuatu perkara terjadi. Mereka yang melakukan perkara ini dipanggil ahli sains. Sains juga melibatkan suatu bidang yang luas dan boleh dikategorikan dengan pelbagai aspek seperti biologi, kimia, fizik, sains komputer dan lain-lain. Dalam kerja-kerja konservasi, khidmat pakar sains adalah amat-amat diperlukan terutamanya dalam kerja-kerja arkeologi dan kajian saintifik. Selain itu, professional seperti jurutera dan jurukur bangunan adalah diperlukan dalam menginterpretasi data yang telah didapati dari kajian-kajian saintifik yang telah dilakukan sebelum keputusan bagi kerja-kerja konservasi dilakukan oleh konservator bangunan.

3. Pendekatan Konservasi Di Malaysia

Proses konservasi di Malaysia memerlukan perhatian yang serius daripada pemilik bangunan, penghuni, dan profesional-profesional yang terlibat seperti perancang bandar, konservator, arkitek lanskap, jurukur bahan, jurutera, kontraktor, ahli arkeologi, ahli sejarah, dan termasuk ahli kaji purba. Ia juga perlu dibantu oleh pakar-pakar sains dari pelbagai disiplin seperti jurubina, ahli biologi, ahli kimia dan ahli geologi. Semua disiplin sains ini perlu bekerjasama dan bergerak sebagai satu organisasi, berkomunikasi dan perkongsian idea terutamanya dalam disiplin bahan dan pembinaan. Perkara ini perlu dititikberatkan kerana proses konservasi melibatkan kerja baik pulih bagi bangunan bersejarah dan penenggaraan bangunan yang menelan belanja yang besar. Kaedah diagnosis yang tepat akan menghasilkan kaedah baik pulih yang betul dan menjanjikan hasil yang efektif terutamanya dalam program penyenggaraan.

Sebelum itu, kerja-kerja konservasi bangunan bersejarah memerlukan suatu kaedah atau metodologi supaya ia dapat bermula secara efektif. Pendekatan konservasi bangunan bersejarah merupakan perkara yang perlu dilihat dengan lebih tumpuan. Tujuan pendekatan konservasi ini adalah untuk membimbing dan memberikan penambahbaikan untuk mencapai piawai konservasi yang telah ditetapkan. Di Malaysia, kerja-kerja konservasi bangunan yang telah dilaksanakan akan dipantau oleh Jabatan Warisan Negara (JWN). Pendekatan yang dilakukan oleh Jabatan Warisan Negara adalah berdasarkan standard dan kriteria yang komprehensif dan sistematik. Menurut Siti Norlizaiha Harun (2005), terdapat empat fasa dalam pendekatan konservasi bangunan di Malaysia.

3.1 Fasa 1: Dokumentasi

Dokumentasi dibahagikan kepada 2 peringkat seperti di bawah:

Peringkat 1: Bukti sejarah

Sebelum menjalankan sebarang bentuk kerja fizikal terhadap strategi rekabentuk untuk projek konservasi. Adalah penting untuk menyatukan keseluruhan bukti yang ada pada sesuatu bangunan dan tapak yang hendak dipulihara. Dokumentasi asal yang dilihat penting adalah seperti:

- 1) Lukisan rekabentuk asal
- 2) Lukisan dari penyiasatan terdahulu
- 3) Bukti bersejarah seperti foto lama, peta dan lukisan lama
- 4) Laporan daripada penyiasatan terdahulu mahupun laporan bersejarah

Peringkat 2: Lukisan Terukur

Lukisan terukur atau lebih dikenali sebagai 'lukisan seperti dijumpai' bermaksud satu set lukisan garisan yang tepat dan terperinci, menggariskan bangunan yang tertakluk dalam keadaan yang sedia ada. Lukisan yang diukur akan menggambarkan keadaan dalaman dan luaran bangunan termasuk butiran struktur terperinci. Ia juga akan menunjukkan kawasan kecacatan seperti keretakan plaster dan elemen-elemen yang telah hilang.

3.2 Fasa 2: Membina Penyiasatan.

Satu pendekatan yang sistematik perlu dibuat untuk seluruh proses penyiasatan dan mendiagnosis masalah bangunan. Terdapat tiga peringkat penyiasatan yang perlu diambil. Iaitu penyiasatan visual, ujian tapak dan ujian makmal. Semua kaedah ini akan membentuk data input untuk diagnosis kecacatan seperti berikut:

Peringkat 1: Penyiasatan secara visual.

Proses ini bermula dengan siasatan yang kerap. Teras penyiasatan ini adalah melalui proses berjalan melalui bangunan untuk mengumpul dan merekodkan maklumat berdasarkan pemerhatian permukaan yang telah siap dan mana-mana struktur yang terdedah kepada kerosakan. Kenal pasti keadaan bahan-bahan tersebut dan menghuraikan kerosakan atau kecacatan dalam borang kaji selidik dan plot kawasan kerosakan di dalam pelan.

Peringkat 2: Ujian tapak.

Penyiasat sama ada dia adalah seorang arkitek, jurutera struktur atau konservator bahan, harus sentiasa berwaspada kepada kepekaan bahan-bahan dan struktur bangunan-bangunan lama. Tapak bagi ujian adalah merupakan suatu tindakan untuk mengenal pasti bahan-bahan dan keadaan kerosakan dengan menggunakan instrumen. Sebagai contoh, untuk memantau suhu persekitaran kita boleh menggunakan alat termometer. Penggunaan instrumen ini memberikan ketepatan yang lebih besar daripada sekadar perasaan sama ada bilik hangat atau sejuk. Ujian tapak adalah ujian bukan musnah (non-destructive test), yang biasanya dibuat berdasarkan pengesanan ciri-ciri fizikal dinding atau permukaan yang terdedah. Contoh ujian tapak yang sedia ada adalah seperti kelembapan, pemantauan rata-bicu (flat-jack), pemantauan keretakan dan ujian beban.

Peringkat 3: ujian makmal.

Kadang-kadang terdapat perubahan pada sesuatu bahan dari komposisi asal mereka yang tidak boleh dianalisis dengan menggunakan mata kasar. Walaupun sifat-sifat bahan-bahan yang boleh dikenal pasti melalui warna, tekstur, dan kelembapan, kita tidak boleh meneka komposisi asal bahan tersebut kerana mungkin terdedah terlalu lama dan ada kemungkinan telah digabungkan dengan unsur-unsur baru. Sebagai contoh, satu sampel bahan yang diambil dari kawasan kecacatan dan hanya sejumlah minimum bahan yang perlu dikeluarkan dan rekod bahan yang telah dikeluarkan mesti dibuat. Terdapat beberapa jenis ujian makmal. Ia bergantung kepada peringkat projek pemuliharaan seperti untuk mengenal pasti bahan asal dan komposisi bahan-sekiranya ia adalah campuran seperti mortar dan plaster. Selain itu untuk mencari kekerasan batu-bata dan untuk mencari keliangan sesuatu bahan.

3.3 Fasa 3: Membina Diagnosis Kecacatan.

Terdapat empat objektif utama untuk dicapai dalam membina diagnosis kecacatan yang berdasarkan input data dalam fasa 3. Ia adalah seperti berikut:

- 1) Untuk mengenal pasti punca utama kecacatan. Contohnya pergerakan, pengembangan, kulat, serangga dan lain-lain.
- 2) Untuk menentukan lokasi kejadian. Contohnya dinding, lantai, bumbung dan sebagainya.
- 3) Untuk menentukan gejala kecacatan. Contohnya lembap, membonjol, retak, tampalan, kehilangan warna dan sebagainya.
- 4) Mencadangkan kaedah pemuliharaan yang sesuai dan teknik-teknik pembaikan. Contohnya pembersihan, penyatuan, mengeluarkan, menggantikan, pelucutan dan sebagainya.

3.4 Fasa 4: Teknik Konservasi dan baik pulih

Teknik konservasi dan baik pulih merangkumi 3 peringkat iaitu:

Peringkat 1: Strategi konservasi.

Merangkumi 3 perkara dalam strategi iaitu dari segi keaslian, pragmatik dan ekonomik

Peringkat 2: Prinsip dan etika.

Prinsip konservasi perlu menekankan aspek pengurangan gangguan atau campurtangan aspek lain seperti menjaga keaslian pada bangunan bersejarah, kedudukan, bahan binaan dan rekabentuk asal bangunan.

Peringkat 3: Kaedah dan teknik

Kaedah konservasi perlu selaras dengan kecacatan yang berlaku. Kebanyakan kerja atau kaedah konservasi melibatkan kerja-kerja pembersihan, konsolidasi, pembinaan semula, pembaikan dan penjagaan dari kacauganggu.

Sebelum spesifikasi kerja-kerja pemuliharaan yang disyorkan, semua bukti visual harus ditulis atau diletakkan pada lukisan terukur. Ini adalah untuk membantu perunding untuk mendapatkan gambar yang baik tentang keadaan sebenar bangunan itu dengan melihat pada pelan dan strategi reka bentuk dan boleh membuat keputusan yang lebih bijak. Remedi bagi kerja-kerja pemuliharaan atau pembaikan juga mesti berdasarkan ujian makmal untuk memastikan bahan-bahan baru seperti mortar dan plaster yang sama seperti komposisi asal. Dengan mengetahui punca sebenar dan gejala kecacatan bangunan, program penyelenggaraan masa depan juga boleh dirancang dengan betul. Jadual di bawah menunjukkan pendekatan konservasi bangunan secara am bagi memudahkan pemahaman dalam pendekatan konservasi di Malaysia.

Jadual 1: Pendekatan konservasi pada bangunan bersejarah di Malaysia

BBil	Peringkat	Rumusan
11	Dokumentasi	Kajian sejarah: foto lama, peta dan lukisan lama
		Lukisan Terukur: susunatur sedia ada, perubahan plot dan perubahan
22	Penyiasatan bangunan	Penyiasatan secara visual :kenalpasti jenis dan sistem bangunan, kenalpasti kecacatan bangunan
		Ujian di tapak: ujian pada mekanikal dan struktur termasuk ujian yang tidak merosakkan bahan.
		Ujian makmal: Persampelan dan ujian bahan, analisis kimia
33	Diagnosis	Punca kecacatan bangunan, lokasi kecacatan, simptom kecacatan dan cadangan pembaikan
44	Teknik konservasi	Strategi konservasi: Keaslian, pragmatik dan ekonomik
		Prinsip dan etika: Gangguan minimum, keaslian bahan dan rekabentuk bangunan.
		Kaedah dan teknik: Pembersihan, konsolidasi, pembinaan semula, pembaikan dan penjagaan dari kacauganggu.

Sumber: Siti Norlizaiha Harun (2005)

Daripada pendekatan yang telah diketahui di atas, peranan sains dan teknologi dapat dilihat pada fasa kedua dan ketiga. Penyiasatan bangunan pada fasa kedua menekankan aspek kajian dan ujian pada bangunan bersejarah. Ujian yang tidak merosakkan bangunan dan ujian makmal merupakan dua aspek penting peranan sains dan teknologi dalam pendekatan konservasi bangunan bersejarah. Kebanyakan kajian saintifik dan ujian makmal yang dilakukan bertujuan untuk mengenalpasti keaslian bahan dan punca kerosakan pada bangunan. Ini dapat dilihat dengan lebih terperinci berdasarkan kajian-kajian saintifik yang pernah dilakukan pada beberapa projek konservasi bangunan seperti projek konservasi bangunan Fort Cornwallis, Georgetown, Pulau Pinang dan projek konservasi pada bangunan lama Pejabat Pos Ipoh, Perak. Kebanyakan kajian saintifik adalah tertumpu kepada bahan binaan dan perkara yang berpunca dari kelembapan seperti tumbuhan dan ancaman penggaraman. Manakala bagi fasa ketiga, kadah diagnosis selalunya menggunakan alat atau instrumen moden untuk menjalankan kerja diagnosis kecacatan disampaing terdapat beberapa sampel yang terpaksa menjalani ujian makmal sekiranya instrumen yang digunakan tidak dapat menunjukkan punca kecacatan sebenar pada kerosakan yang berlaku. Antara contoh alat-alat yang digunakan adalah seperti moisture meter, crack detector dan lain-lain instrumen moden.



'Protimeter' sejenis alat yang biasa digunakan bagi mengukur kadar kelembapan pada bangunan



'Crack Detector' sejenis alat yang berfungsi mengesan dan mengukur keretakan pada bangunan. (Sumber: JWN)

4. Kajian Saintifik Dalam Kerja Konservasi Bangunan

Semua kerja-kerja membaiki pulih adalah berasaskan kepada kajian saintifik dan ujian makmal bagi mengekalkan keaslian bahan binaan dan struktur bangunan. Kajian saintifik dan ujian makmal sering dijalankan untuk menentukan kandungan bahan binaan sedia ada, tahap kecacatan bangunan dan struktur bangunan. Maklumat yang diperolehi dari kajian saintifik dan ujian makmal boleh dijadikan sebagai bahan sokongan dan bukti sebelum membuat sesuatu keputusan bagi kerja-kerja pemuliharaan bangunan. Antara kajian saintifik dan ujian makmal yang dilakukan dalam kerja-kerja pemuliharaan bangunan bersejarah adalah kajian tahap serangan garam, kelembapan dinding, tumbuhan organik, spesies kayu, bahan campuran lepa dan kekuatan batu-bata.

Untuk menganalisis produk kakisan logam dan mineral, seperti pigmen, sifat-sifat hablur bahan adalah ciri-ciri yang paling berguna sebagai pengenalan; Oleh itu, Pembelauan sinar X (XRD) adalah paling sesuai. Terdapat peningkatan penggunaan Spektroskopi Fourier Transform Infrared (FTIR), yang digunakan untuk mengetahui ciri-ciri ikatan antara atom selain untuk mengenal pasti mineral. Disebabkan jumlah besar maklumat yang sedia ada, komposisi unsur atau elemen adalah bentuk yang paling berguna dalam analisis logam, kaca dan seramik.

Antara kajian saintifik yang biasa dilakukan adalah seperti Energy Dispersive X-Ray Fluorescence (EDXRF), Energy Dispersive X-Ray Analysis (EDX) (selalunya dipasang sebagai sebahagian alat daripada mikroskop elektron imbasan), Spektroskopi Serapan Atom atau Atomic Absorption Spectroscopy (AAS) Proton Induced X-Ray Emission (PIXE), Induction Coupled Plasma Atomic Emission Spectroscopy (ICPES) dan Induction Coupled Plasma Mass Spectroscopy (ICPMS). Kebanyakan teknik-teknik ini terutama ICPMS dan ICPES dapat mengesan jumlah unsur/elemen pada bahan (ppm). Maklumat tersebut boleh digunakan untuk menentukan ciri asal bahan-bahan mentah sebagai hasil kehadiran unsur yang unik atau tahap elemen yang hadir. Mengesan kepekatan unsur major dan unsur minor biasanya merupakan perkara yang paling penting kepada konservator; sebagai contoh, mengesan unsur-unsur warna dan komposisi keseluruhan kaca dan enamels.

Untuk menganalisis molekul organik seperti plastik, pewarna, medium mengikat dan salutan, teknik dalam menentukan sifat-sifat molekul boleh digunakan. Teknik-teknik tersebut termasuk spektrometri jisim (MS) yang menentukan berat molekul, High Performance Liquid Chromatography (HPLC) atau Gas Chromatography (GC) yang menentukan berat molekul dan kimia afiniti, Ultra-Violet, Infra-merah (UV / VISAR) spektroskopi atau Fourier Transform Spektroskopi Infra-Merah (FTIR) yang menentukan ikatan molekul. Kemerostan bahan boleh menyebabkan analisis organik sukar untuk ditafsir. Kajian ini juga digunakan untuk menguji unsur-unsur atau molekul khusus menggunakan ujian kimia basah dan terdapat peningkatan penggunaan teknik bioassay untuk mengesan kehadiran molekul organik kompleks yang khusus seperti enzim atau mikro-organisma tertentu. Teknik-teknik analisis terma seperti Calorimetry Mengimbas Berbeza (DSC) atau Analisis Termo-gravimetrik (TG) semakin digunakan untuk menyelesaikan struktur dan sifat sebatian kompleks manakala teknik pirolisis seperti, GC dan MS berguna dalam mengenal pasti komposisi organik kompleks molekul campuran.

Konservator hendaklah berhati-hati dalam menganalisis data yang mereka terima. Konservator perlu mempertimbangkan sama ada maklumat yang diberikan oleh penganalisis itu amat penting dan jika ia diperlukan apakah yang perlu ada dalam pertimbangan dalam pentafsiran data.

Visualisasi dan pengimejan: Banyak visual dan ciri-ciri yang diperhatikan seperti struktur dan corak yang unik telah dicipta oleh alat tertentu atau teknik-teknik pembuatan yang spesifik. Sebagai contoh struktur kayu atau struktur besi, sebarang maklumat termasuk maklumat terperinci tentang tenunan tekstil, penyambungan dalam kayu dan kaedah penyambungan fabrikasi pengilangan pada logam dapat diperhatikan dengan jelas dan bentuk pemeriksaan ini boleh dilanjutkan melalui peningkatan pelbagai kaedah visual seperti X-radiografi dan Pengimejan pantulan infra merah. X-radiografi merupakan alat yang mendedahkan perubahan dalam ketebalan dan ketumpatan bahan-bahan yang membolehkan ciri-ciri seperti: objek besi yang tertanam

dalam jisim kakisan; lubang cacing dan lain-lain ciri-ciri struktur dalam objek kayu, imej asal di bawah lukisan dan reka bentuk bertakuk setiap visual atau logam hiasan dalam meletakkan dalam berkarat, kotor atau lebih logam dicat dapat dilihat (Lang dan Middleton 1997).

Selain itu, alat pengimejan pantulan infra merah digunakan untuk mengetahui kandungan mineral dan polimer. dengan Penyerapan sinaran infra-merah ini telah membawa kepada penggunaan fotografi infra merah untuk visualisasi lukisan untuk mengesan bahan atau bendasing di bawah lukisan dan imej yang lebih asal di bawahnya dapat kelihatan.

Bahan Mikroskopi: banyak bahan yang telah dikenal pasti dan diperiksa melalui mikroskop yang mendedahkan aspek-aspek visual unik mikrostruktur mereka dapat dilihat dengan lebih terperinci. Spesies kayu, kulit, tumbuhan menjalar, dan tumbuhan berasaskan gentian, gentian berasaskan haiwan, debunga, pigmen kulit, keratin cat, habuk dan logam boleh dikenalpasti melalui teknik mikroskopi. Dengan berpandukan latihan yang sesuai, konservator dapat mengetahui material campuran yang mengganggu bahan asal dengan terperinci. Dalam banyak kes (contoh metalografi) aspek-aspek penyediaan dan pemprosesan bahan-bahan juga boleh dikenal pasti.

Terdapat juga ciri-ciri yang kecil tetapi penting yang dapat dikesan melalui mikroskop optik yang berkaitan pada objek. Sesetengah bahan mendedahkan struktur mereka pada pembesaran yang lebih tinggi dan dengan lebih mendalam. Dengan menggunakan mikroskop elektron imbasan yang menjadi alat standard dalam penyiasatan jangkitan, contohnya kesan arang pada rasuk kayu dikenalpasti dan serangan lumut dan fungi juga dapat dikenalpasti pada elemen kayu.

Pengenalan kepada bahan-bahan binaan membolehkan kita mengiktiraf kepercayaan orang-orang yang terdahulu, pertimbangan estetik dan pengalaman manusia dalam jujukan pengeluaran-objek bersejarah dapat diketahui melalui kajian saintifik yang dilakukan. McGhee (1994) menunjukkan bahawa pada zaman pra-Inuit, kebudayaan masyarakat Thule iaitu orang-orang yang tinggal di utara Kanada, menggunakan serampang dan pisau ais terutamanya yang dibuat dari gading (meterai atau anjing laut) manakala kepala anak panah yang diperbuat daripada Caribou antler. Bahan-bahan ini tidak dipilih untuk mengetahui sifat-sifat fizikal mereka, tetapi untuk tujuan simpati magis dengan kegunaan yang dimaksudkan.

Pentarikhan: pertarikhan objek biasanya dijalankan sebagai:

- Perbandingan tipologi bentuk atau hiasan dengan siri yang dikenali untuk objek atau seni atau pergerakan.
- Objek yang datang dari konteks bertarikh yang diketahui.
- Pengenalan bahan objek yang diperkenalkan atau ditinggalkan oleh satu tempoh masa yang diberikan.
- Suatu rekod bersejarah objek dengan rekod sama ada bertulis atau visual; sebagai contoh, dalam lukisan minyak atau yang direkodkan sebagai harta individu yang diketahui bertarikh.
- Pengiktirafan kepada artis atau tukang yang dikenali.

Hampir semua objek yang mempunyai tarikh diperolehi melalui perbandingan dengan contoh-contoh objek yang sama daripada budaya dan tarikh yang dikenali, atau mereka yang diperolehi dari konteks budaya yang tertentu. Kadang-kadang sesuatu objek dikenali tarikhnya melalui kaedah saintifik. Ini biasanya terpakai kepada objek arkeologi berusia lebih 400 tahun. Jika objek yang terdiri daripada karbon, kita boleh mengenalpasti tarikh asal bahan itu dicipta melalui teknik radiokarbon, jika bahan terdiri daripada seramik atau batu yang telah dipanaskan, kita boleh mengetahui tarikh melalui proses thermoluminescence (Aitken 1990). Objek kayu, terutamanya oak, dapat diketahui usianya melalui kajian terhadap lima puluh gelang tumbuhan melalui dendrochronology (Baillie 1995).

Persampelan: teknik-teknik analisis yang tidak merosakkan paling jarang dilakukan. Permukaan lapisan atau kebanyakan objek telah bertindak balas dengan alam sekitar, secara asasnya telah mengubah komposisi sebenar sesuatu bahan; contoh puncak gunung, wap air dan oksigen bertindak balas dengan permukaan logam untuk menghasilkan lapisan mineral teroksida. Ini tidak boleh dikesan dengan mata kasar tetapi dengan menggunakan teknik yang tidak merosakkan bangunan, seperti EDXRF dan pantulan mod FTIR, hanya permukaan komposisi objek dan dapat dianalisis, dengan itu keputusan yang diperolehi tidak semestinya mewakili sekumpulan kumpulan objek. Ia adalah amat mengelirukan sekiranya bahan tersebut dianggap hadir. Jika konservator ingin untuk mengekstrak maklumat komposisi tipikal tentang objek, ia selalunya memerlukan sampel. Ia adalah suatu perkara perlu dipertimbangkan secara berhati-hati jika berlaku sebarang gangguan kepada struktur dan visual objek diterima untuk mendapatkan sampel tersebut (Roy 1998). Dalam sesetengah keadaan, sekiranya kerosakan dilihat tidak berbaloi untuk diambil sampelnya, jadi maklumat di situ dianggap tidak diperlukan. Bagi objek yang mempunyai 'nilai rendah' sebagai contoh, untuk mengorbankan seluruh objek untuk mendapatkan maklumat lengkap dan tepat yang boleh diperolehi boleh dikira sebagai berbaloi untuk mendapatkan maklumat yang tepat dan terperinci.

Dalam kerja-kerja konservasi bangunan, terdapat banyak lagi ujian dan kajian-kajian saintifik yang semakin moden dan canggih. Sebagai contoh ujian struktur bangunan, dan kajian kelembapan yang menggunakan ujian makmal seperti ujian ion kromatografi. Selain itu ujian ini juga digunakan untuk mengetahui tahap penggarapan yang berlaku pada bangunan bersejarah. Pelbagai cabang sains dan teknologi yang memainkan peranan yang penting dalam membantu kerja-kerja konservasi bangunan. Sebagai seorang konservator yang memerlukan pelbagai pertimbangan, peranan sains dan teknologi dalam membuat keputusan adalah amat penting bagi memastikan kerja-kerja pembaikan dan remedi dijalankan dengan tepat tanpa berlakunya pengulangan kerosakan pada elemen bangunan bersejarah.

5. Kesimpulan

Kajian dan analisis saintifik semakin hari semakin memainkan peranan yang penting dalam membantu penyelidikan dalam kerja-kerja konservasi bangunan. Kepakaran yang diperlukan berdasarkan persoalan yang perlu dijawab tentang kerosakan dan kecacatan yang berlaku pada bangunan bersejarah. Sebagai contoh, kecacatan yang disebabkan oleh kelembapan pada bangunan bukan sahaja memerlukan kajian saintifik berkenaan kelembapan sahaja tetapi kajian saintifik seperti garam, tumbuhan yang tidak diperlukan juga perlu dikaji, pelbagai bidang sains digunakan seperti sains kimia dan biologi untuk mengetahui punca permasalahan demi untuk mengelakkan daripada berlakunya kerosakan yang sama pada bangunan bersejarah. Perkara ini menunjukkan kerja-kerja konservasi bangunan bersejarah telah menyumbang kepada bidang sains dan teknologi di samping bidang-bidang kejuruteraan yang lain. Kerjasama di antara pelbagai disiplin bidang sains dan pihak konservasi bangunan diharap dapat menyumbang kepada pertumbuhan ekonomi di samping mengekalkan warisan budaya dan khazanah negara ini daripada hilang dari pandangan sejarah peradaban dunia.

Rujukan

Zuraina Majid (2004), Sains Dalam Arkeologi. Prosiding Persidangan Kebangsaan Sains dan Teknologi Dalam Pemuliharaan Warisan Negara, Mengintegrasikan Sains, Teknologi dan Warisan. 16-19 Ogos 2004.

Siti Norlizaiha Harun & Kamarul Syahril Kamal (2005), Building Research Methodology in the Conservation of the Historic Buildings in Malaysia. International Symposium Building Research and the Sustainability of the Built Environment in the Tropics, University Tarumanagara, Jakarta Indonesia, 14 -15 October 2002

Zulqarnain Mohamad (2003), Pengalaman Majlis Bandaraya Ipoh. Pegawai Perancang Bandar Majlis Bandaraya Ipoh, Pemeliharaan Bandar Warisan, Nota Kursus.

Cable, C. (2000), Conservation Skills Judgement, Method and Decision Making. Routledge Taylor & Francis Group, London and New York.

Baillie, M. G. L. (1995) A Slice Through Time, London: Routledge.

Lang, J. & Middleton, A. (1997), Radiography of Cultural Material, Oxford: Butterworth-Heinemann

Roy, A. (1994), Artists Pigments: A Handbook of Their Histories and Characteristics, Vol. 2, Washington: National Gallery of Art.

_____(1998) 'Forbes Prize Lecture' IIC Bulletin No. 6, December 1998: 1-5

A Ghafar Ahmad (2006), Dokumentasi Dalam Kerja-Kerja Konservasi Bangunan Dan Monumen. Nota Kursus