

Penggunaan Menthol untuk Bahan Konsolidan Cagar Budaya Arang

Application of Menthol for Consolodation of Char-based Heritage Material

Moh. Habibi, Dimas Arif Primanda Aji, Rifqi Kurniadi Suryanto, Riyanto Prasetya
Lambang, Arif Gunawan
Balai Konservasi Borobudur
[Sur-el : habib1.botany@gmail.com](mailto:habib1.botany@gmail.com)

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas penggunaan menthol sebagai bahan konsolidasi sementara cagar budaya pada temuan ekskavasi yang rapuh. Pengujian yang dilakukan meliputi karakteristik morfologi menthol, penetrasi kering dan basah menthol pada ketiga jenis sampel (Arang, Bata, Batu), durabilitas konsolidasi sementara menthol pada sampel, dan kuat tekan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses solidifikasi menthol dimulai pada bagian tepi dan membentuk bentuk seperti jarum (*whisker*). Penetrasi menthol pada sampel sangat dipengaruhi oleh bentuk dan ukuran partikel sampel serta kandungan air yang terdapat pada sampel. Untuk pengujian durabilitas, pengaruh suhu sangat besar terhadap durabilitas konsolidasi menthol. Semakin tinggi suhu lingkungan, maka semakin cepat pula proses sublimasi menthol. Hasil uji kuat tekan sangat dipengaruhi oleh ukuran partikel sampel, semakin kecil ukuran partikel sampel yang terkonsolidasi menthol, maka semakin tinggi pula nilai kuat tekan yang dihasilkan. Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa menthol dapat digunakan sebagai bahan konsolidan sementara cagar budaya arang.

Kata Kunci: menthol, whisker, penetrasi, kuat tekan, solidifikasi, konsolidasi sementara

ABSTRACT

This study aims to determine the effectiveness of the use of menthol as temporary consolidant for fragile heritage findings on the excavation site. Test includes morphological characteristic of menthol, dry and wet penetration of menthol to three type of sample (charcoal, stone, and brick), durability, and compressive strength. The results show that the menthol solidification process starts at the edges and forms a shape like whiskers. Menthol penetration is strongly influenced by the shape and size of the sample and also water content in the samples. For durability testing, the effect of temperature is very significant on the durability of menthol consolidation. The higher the temperature, the faster the menthol sublimation process will be. Whereas for compressive strength is highly influenced by particle size of the consolidated sample, the smaller consolidated sample the higher compressive strength produced. From this study it can be concluded that menthol can be used as a temporary consolidant material for the fragile heritage findings.

Keywords: menthol, whiker, penetration, compressive strength, solidification, temporary consolidant

PENDAHULUAN

Letak geografis Indonesia yang berada pada gugusan gunung berapi (ring of fire) menjadikan Indonesia sebagai negara yang sangat rawan bencana. Indonesia memiliki jumlah gunung api paling banyak di dunia. Di Indonesia tercatat memiliki 130 gunung api yang merupakan 10% dari jumlah keseluruhan dunia. Dari 130 gunung berapi tersebut, 17 diantaranya masih aktif. Tercatat terdapat beberapa letusan gunung berapi meletus dengan dahsyat di Indonesia, yaitu letusan gunung Tambora pada tahun 1815, gunung Krakatau tahun 1883, gunung Agung pada tahun 1963-1964, dan lain-lain.

Banyaknya aktivitas vulkanik di Indonesia seringkali menyebabkan bencana pada beberapa peradaban yang ada di lingkungan sekitar gunung api. Sebagai contoh adalah Situs Tambora yang berada di sekitar Gunung Tambora. Para peneliti memperkirakan bahwa Situs Tambora sebelumnya merupakan sebuah situs bekas Kerajaan Tambora yang kemudian terpendam material vulkanik setebal 2 meter (Cahyandaru, 2013). Material vulkanik yang memendam benda, struktur, bangunan dan lingkungannya kemudian berubah menjadi arang dikarenakan adanya proses karbonisasi dalam kondisi udara minim.

Benda terarangkan tersebut selanjutnya terkubur di dalam tanah dan menjadi benda tinggalan yang mempunyai nilai historis. Kemudian dalam upaya mendapatkan dan menggali informasi di masa lampau maka dilakukan proses ekskavasi. Temuan ekskavasi dalam kondisi terarangkan sangat rentan jika

langsung terekspos dengan lingkungan luar. Hal ini terutama terjadi pada material organik terarangkan, seperti kayu, tulang, bambu, bahkan jasad manusia akan mudah sekali rusak apabila dilakukan pengangkatan atau dipindahkan. Kondisi material juga semakin rusak jika tetap terekspos selama ekskavasi. Hal tersebut juga menjadi permasalahan karena selama penelitian ekskavasi objek akan tetap terbuka. Maka diperlukan upaya untuk menjaga kondisi material agar tetap aman selama kegiatan penelitian, pendokumentasian selama proses ekskavasi bahkan jika diperlukan pemindahan temuan (Cahyandaru, 2013: 44). Maka pada saat ekskavasi, perlu dilakukan prosedur perlindungan sementara pada obyek ekskavasi yang rapuh (*fragile*). Bahan perlindungan sementara sebaiknya memiliki sifat mudah menguap dan mengikat (*volatile binding materials*) serta mudah dibersihkan.

Sebelumnya, para konservator banyak menggunakan senyawa *cyclododecane* sebagai bahan konsolidasi sementara (Xia et al. 2005). Tetapi, sekarang konservator menyadari akan bahaya senyawa tersebut yang memiliki dampak bioakumulatif bagi kesehatan para konservator (European Chemicals Agency, 2008). Salah bahan pengganti *cyclododecane* adalah menthol yang merupakan molekul polar dan memiliki ikatan hydrogen yang kuat.

Menthol merupakan senyawa alkohol monoterpen yang biasanya diperoleh dari tanaman *Mentha arvensis* dan *Mentha piperita*. Karakteristik menthol mempunyai aroma yang khas dan sensasi dingin, oleh karena itu menthol banyak

digunakan dalam bidang farmasi, kosmetik, permen, pasta gigi, shampoo dan sabun. Menthol akan menyublim pada suhu ruangan dan memiliki volatilitas tinggi. Menthol dapat membentuk lapisan solid pada permukaan suatu objek (X. Han et al. 2015). Berdasarkan karakteristik tersebut, menthol berpotensi untuk digunakan sebagai bahan konsolidan yang bersifat sementara pada penanganan temuan ekskavasi yang berupa material terarangkan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas menthol sebagai bahan konsolidasi sementara pada temuan ekskavasi yang terarangkan, terutama yang terdiri dari material organik. Efektivitas tersebut dapat diketahui dari kemampuan penetrasi dan efikasi menthol terhadap objek serta perubahan morfologi menthol pada material yang terkonsolidasi.

METODE

Ruang Lingkup Kajian

Ruang lingkup Kajian Penggunaan Menthol sebagai Bahan Konsolidan Arang adalah untuk mempertajam maksud dan tujuan. Selain itu, ruang lingkup kegiatan diperlukan untuk memberikan batasan yang spesifik sehingga kajian fokus dan tidak melebar ke hal-hal yang kurang sesuai dengan maksud dan tujuan pada kajian ini. Untuk itu ruang lingkup kajian ini adalah:

1. Observasi karakteristik menthol
2. Uji konsolidasi menggunakan menthol di laboratorium (penetrasi dan efikasi)
3. Pengamatan efektivitas bahan menthol

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain beaker glass, gelas ukur, kuas, GC-MS, oven, timbangan digital, linggis, penggaris, kamera, radiator, paint spray. Bahan yang digunakan yaitu kayu Nangka (*Artocarpus heterophyllus*) dan kayu Jati (*Tectona grandis*). Asap cair tempurung kelapa yang digunakan berasal dari Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Gadjah Mada.

Jenis dan Sumber Data

Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data kualitatif dan kuantitatif. Data kualitatif pada kajian ini adalah hasil kajian konsolidasi material terarangkan yang sudah dilakukan sebelumnya. Data kuantitatif diperoleh dari pengujian efektivitas penggunaan menthol sebagai bahan konsolidan

Sumber data primer yaitu hasil pengujian pengujian efektivitas menthol sebagai bahan konsolidan material terarangkan di laboratorium. Sumber data sekunder dalam kajian ini berupa artikel, jurnal, dan laporan hasil kajian terdahulu tentang konsolidasi material terarangkan.

Bahan dan Metode Kerja

Bahan menthol dibeli berupa Menthol kristal. Bahan uji utama yang digunakan pada kajian ini adalah arang kayu rambutan, batu andesit, dan bata. Tiap-tiap sampel uji dibuat serbuk dengan ukuran 500 μm dan 1000 μm .

Metode kerja yang akan dilaksanakan pada kajian ini meliputi pengukuran penetrasi menthol pada substrat dan mengukur efektivitasnya, dalam hal ini daya tahan. Secara

umum, metode kerja pengukuran penetrasi menthol pada substrat adalah sebagai berikut:

Penetrasi sampel kering

1. Mengeringkan bahan atau substrat yang akan digunakan
2. Menutup tabung kaca ($\Phi = \pm 30$ mm, $t = 200$ mm) dengan kapas pada salah satu ujungnya
3. Memasukkan bahan ke dalam tabung kaca sampai ± 20 mm dari bibir tabung kaca
4. Mengocok tabung kaca yang berisi substrat. Hal ini bertujuan untuk memadatkan substrat di dalam tabung kaca.
5. Menyimpan tabung dalam oven selama 4 jam pada suhu 40°C
6. Memasukkan bahan menthol (70°C) ke dalam tabung.
7. Setelah menthol mengeras, kapas pada bagian bawah tabung diambil. Bahan yang tidak terkonsolidasi akan hilang.
8. Kedalaman penetrasi menthol pada substrat diukur menggunakan penggaris

Penetrasi sampel basah

1. Mengeringkan sampel arang yang akan digunakan
2. Menutup tabung kaca ($\Phi = \pm 30$ mm, $t = 200$ mm) dengan kapas pada salah satu ujungnya
3. Memasukkan bahan ke dalam tabung kaca sampai ± 20 mm dari bibir tabung kaca
4. Menambahkan air pada sampel arang dengan kadar 10% dan 30%
5. Mengocok tabung kaca yang berisi substrat. Hal ini bertujuan untuk memadatkan substrat di dalam tabung kaca.
6. Menyimpan tabung dalam oven selama 4 jam pada suhu 40°C

7. Memasukkan bahan menthol (70°C) ke dalam tabung.
8. Setelah menthol mengeras, kapas pada bagian bawah tabung diambil. Bahan yang tidak terkonsolidasi akan hilang.
9. Kedalaman penetrasi menthol pada substrat diukur menggunakan penggaris

Sedangkan untuk mengetahui daya tahan menthol sebagai bahan konsolidasi sementara, dilakukan pengujian laboratorium sebagai berikut:

1. Mencampur cairan menthol (70°C) 10 ml dengan substrat kering
2. Mencetak campuran sampel dengan menthol tersebut dengan cetakan ($\Phi = \pm 30$ mm, $t = 60$ mm)
3. Memasukkan cetakan tersebut ke dalam refrigerator ($T = -1^\circ\text{C}$) selama satu jam, kemudian campuran menthol-substrat dikeluarkan dari cetakan.
4. Meletakkan ketiga jenis sampel (arang, bata, batu) pada tiga lokasi berbeda, yaitu di ruangan ber-AC ($T = \pm 20^\circ\text{C}$), ruangan biasa ($T = \pm 26^\circ\text{C}$), dan luar ruangan.
5. Menimbang dan mendokumentasikan sampel setiap hari.
6. Mengecek residu menthol pada sampel dengan FT-IR.

Efektifitas menthol

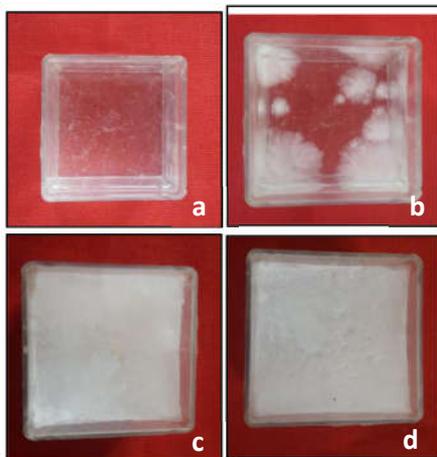
1. Mencampur cairan menthol (70°C) 40 ml dengan substrat kering (Batu = 200 g; Bata = 160 g; Arang = 48 g)
2. Mencetak campuran sampel dengan menthol tersebut

- dengan cetakan berukuran 5 x 5 x 5 cm
3. Memasukkan cetakan tersebut ke dalam refrigerator ($T = -1^{\circ}\text{C}$) selama satu jam, kemudian campuran menthol-substrat dikeluarkan dari cetakan.
 4. Menguji kuat tekan sampel dengan UTM (Ultra Testing Machine)

HASIL PENELITIAN

Perubahan Morfologi Menthol

Proses perubahan morfologi (solidifikasi) menthol menjadi padatan juga diamati dalam kajian ini. Menthol di cairkan terlebih dahulu untuk kemudian di tempatkan pada wadah kubus berukuran $17,6\text{ cm}^3$. Kemudian dilakukan pengamatan setiap 20 menit. Hasil yang diperoleh seperti tampak pada gambar 1.

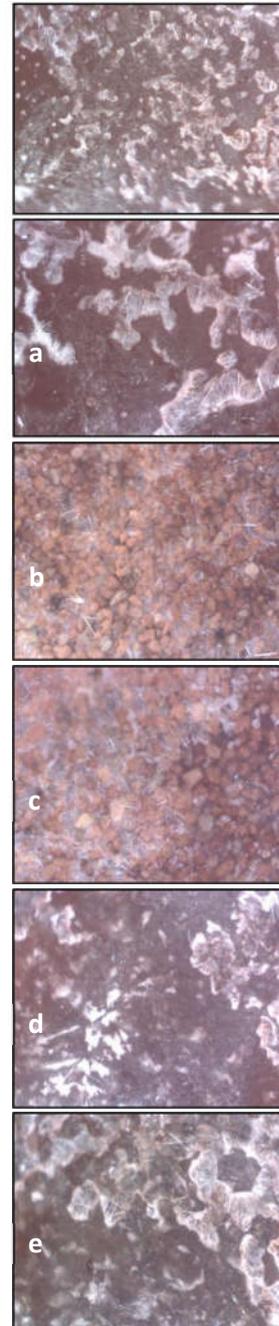


Gambar 1. Proses Solidifikasi Cairan Menthol
(Sumber: Balai Konservasi Borobudur)

Seperti yang terlihat pada gambar 1, proses solidifikasi menthol berawal dari tepi menuju ke tengah. Terbentuk sebuah cekungan di tengah (dent) sebagai akibat dari perubahan bentuk cairan ke fase

padatan. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi penyusutan selama proses solidifikasi. Selain itu, ditemukan juga struktur berbentuk seperti jarum (*whisker*) pada sampel setelah proses solidifikasi menthol (gambar 2).

Bentukan seperti jarum



Gambar 2. morfologi permukaan sampel yang telah dikonsolidasi dengan menthol.
a: Arang500; b: Arang1000; c: Bata500; d: Bata1000; e: Batu500; f: Batu1000
(Sumber: Balai Konservasi Borobudur)

tersebut menjadi semakin besar bersamaan dengan waktu sublimasi menthol. Struktur tersebut sangat lembut, tipis, dan umum ditemukan juga ketika menthol digunakan dalam bidang farmasi, makanan, dan industry kosmetik (Yuasa et. al., 2000). Pengujian lapangan juga dilakukan pada kajian ini, yaitu pengujian pada material kayu terarang di situs Liyangan (gambar 3). Berdasarkan hasil pengujian dilapangan tersebut diketahui bahwa sebaiknya menghindari cahaya matahari langsung pada saat pengaplikasian menthol, karena suhu sangat berpengaruh terhadap cairan menthol. Jika suhu tetap tinggi maka proses konsolidasi semakin lama dan hasil yang diperoleh kurang maksimal. Selain itu, setelah sebulan kemudian, struktur *whisker* semakin



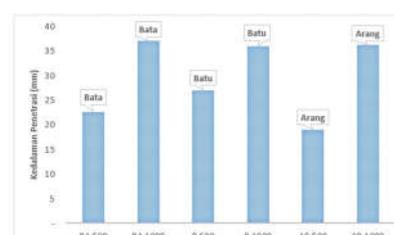
Gambar 3. Proses Solidifikasi Cairan Menthol Aplikasi menthol pada material terarang di situs Liyangan.
a: Pemanasan menggunakan peralatan sederhana;
b: aplikasi pada sampel arang;
c dan d: struktur *whisker* pada sampel terarang dari situs Liyangan setelah 30 hari

(Sumber: Balai Konservasi Borobudur)

jelas terlihat pada permukaan material terarang (gambar 2). Struktur tersebut semakin banyak dan memanjang. Hal tersebut kemungkinan diakibatkan karena suhu untuk mengencerkan menthol kurang sempurna, karena menurut Xiangna et al. (2014) suhu terbaik untuk aplikasi menthol adalah antara 60 sampai 80°C.

Penetrasi Menthol

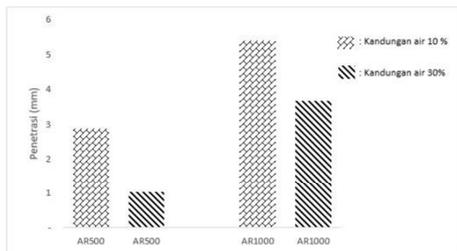
Penetrasi menthol terhadap ketiga jenis sampel tergantung pada ukuran partikel sampel seperti yang terlihat pada gambar 5. Berdasarkan gambar grafik tersebut dapat diketahui bahwa penetrasi menthol terhadap partikel berukuran besar lebih dalam daripada partikel berukuran kecil. Partikel berukuran besar mempunyai pori-pori yang besar juga, sehingga memudahkan transportasi cairan menthol di dalam substrat.



Gambar 4. Data Aplikasi menthol pada material Bata, Batu, dan Arang dengan ukuran partikel 500 µm dan 1000 µm

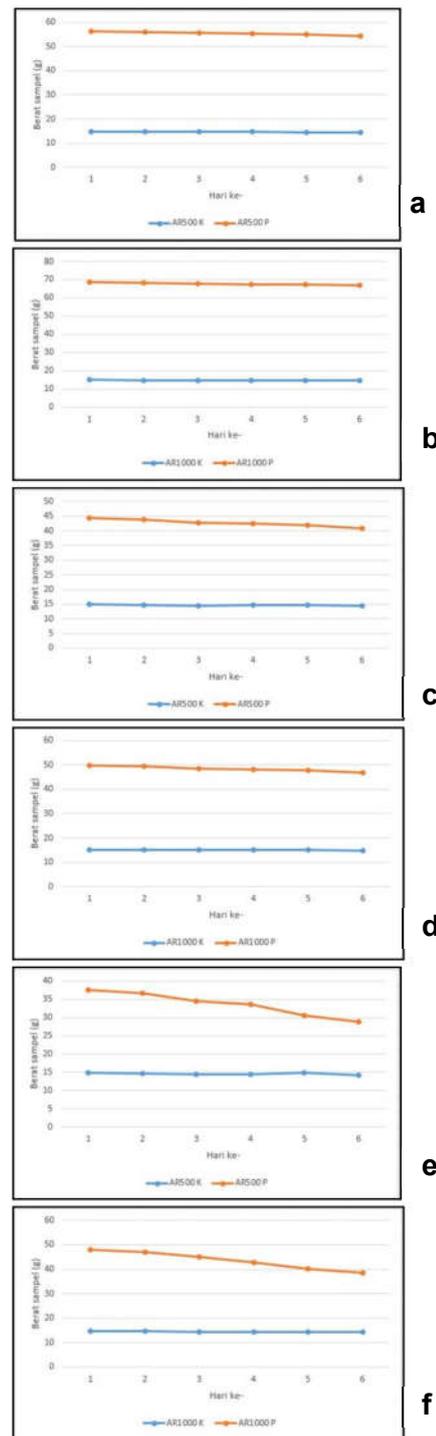
Kemampuan penetrasi menthol terhadap sampel akan mempengaruhi kekuatan sampel yang sudah dikonsolidasi (Chiara et. al., 2011).

Data penetrasi menthol pada sampel basah arang disajikan dalam gambar 6. Berdasarkan data penetrasi sampel basah menunjukkan bahwa kandungan air pada sampel menjadi salah satu faktor penghambat penetrasi menthol terhadap sampel. Ketika kandungan air pada sampel mencapai 30%, tingkat penetrasi menthol menjadi sangat kecil. Peristiwa tersebut kemungkinan diakibatkan oleh dua hal, yaitu adanya kompetisi antara air dan menthol di dalam pori-pori sampel, dan sifat hidrofobik menthol sendiri.



Gambar 5. Aplikasi menthol pada sampel arang dengan konsentrasi air 10% & 30%

Data durabilitas menthol disajikan pada gambar 6. Pada gambar tersebut ditampilkan sampel arang saja, untuk data sampel lainnya dapat dilihat di lampiran. Konsolidasi material arang dengan menthol pada ruangan ber-AC menunjukkan penurunan berat yang kecil (0.3-0.5 gram) setiap kali pengamatan. Hal ini berbeda jauh dengan sampel arang yang ditempatkan di luar ruangan, pengurangan berat berkisar antara 2-3 gram setiap kali pengamatan. Berdasarkan data yang diperoleh tersebut, ketahanan menthol sebagai bahan konsolidasi sangat dipengaruhi



Gambar 6. Data durabilitas aplikasi menthol terhadap sampel arang. A) AR500 di ruangan AC; B) AR1000 di ruangan AC; C) AR500 di ruangan; D) AR1000 di ruangan; E) AR500 di luar ruangan; F) AR500 di luar ruangan

oleh suhu lingkungan. Semakin tinggi suhu lingkungan, semakin cepat proses sublimasi menthol sehingga kekuatan konsolidasi material sampel semakin rendah

Efektifitas Konsolidasi

Salah satu hipotesis pada kajian ini adalah tidak adanya kekuatan mekanik pada serbuk sampel (batu, bata, arang), sehingga adanya kekuatan mekanik setelah perlakuan dengan menthol di asumsikan hanya berasal dari menthol. Oleh karena itu, data uji kuat tekan dapat digunakan untuk mengevaluasi efektivitas konsolidasi menthol (Tabel 1).

Tabel 1. hasil uji kuat tekan tiap sampel

Sampel	Kuat Tekan (kN)
Bata 500	1.66
Bata 1000	1.05
Batu 500	1.76
Batu 1000	1.92
Arang 500	1.14
Arang 1000	0.42

Berdasarkan data tersebut, terlihat bahwa pada umumnya partikel dengan ukuran lebih kecil cenderung memiliki kekuatan konsolidasi yang lebih besar daripada partikel berukuran besar, kecuali untuk sampel batu. Serbuk batu berukuran 1000 μm memiliki nilai kuat tekan lebih besar daripada serbuk batu berukuran 500 μm .

Selain itu, data uji kuat tekan menunjukkan bahwa sampel anorganik memiliki kuat tekan lebih besar dari sampel organik.

KESIMPULAN

Menthol dapat digunakan sebagai bahan konsolidan sementara cagar budaya arang. Penggunaan menthol sebagai bahan konsolidasi sementara cagar budaya sangat dipengaruhi oleh ukuran partikel. Penetrasi menthol pada partikel berukuran besar lebih dalam daripada partikel berukuran kecil. Faktor yang berpengaruh terhadap efektivitas menthol sebagai bahan konsolidasi sementara adalah kandungan air pada obyek. Selain itu, suhu pada waktu aplikasi juga sangat menentukan terhadap keberhasilan proses konsolidasi

Nilai kuat tekan obyek setelah dikonsolidasi oleh menthol juga dipengaruhi oleh ukuran partikel. Partikel dengan ukuran lebih kecil memiliki nilai kuat tekan lebih besar daripada partikel dengan ukuran besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Cahyandaru, Nahar. (2013). Konservasi Material Organik Ter-Arang Pada Ekskavasi Situs Bencana Vulknaik Tambora. Dalam *Jurnal Konservasi Cagar Budaya Borobudur*, vol. 7, no. 2, Desember 2013, hal 43-58. Balai Konservasi Borobudur
- Chiara, A., Federica, P., Brenda, D., Brunetto, B., Antonio, S., and Costanza, M., (2011). The study of cyclododecane as a temporary coating for marble by *NMR pro filometry and FTIR re fl ectance spectroscopies*, Applied Physics A,104, 401- 6
- Xia, Y., Weichert, M., Zhang, Z., Zhou, T., and Ma, S. (2005). Application of cyclododecane on one stone armour set excavation and restoration, *Sciences of Conservation and Archaeology*, 17(2), 31-5 (in Chinese).
- Xiangna, H., B. Rong, X. Huang, T. Zhou, H. Luo, C.Y. Wang. (2014). The use of menthol as temporary consolidant in the excavation of qin shihuang's terracotta army, *Archaeometry* 56 : 1041-1053
- Xiangna, H. Huang, X. Zhang, B. (2015). Morphological Studies Menthol as A Temporary Consolidant for Urgent Conservation in Archaeological Field. Dalam *Journals of Cultural Heritage*.
- Yuasa H., Ooi M., Takashima Y., Kanaya Y. (2000). Whisker growth of l-menthol in coexistence with various excipients. *Int. J. Pharmaceut.* 203-21