



BAB 28

STUDI PENGGUNAAN *UNDERWATER POWER TOOLS* UNTUK KONSERVASI IN SITU: KASUS PADA PENINGGALAN ARKEOLOGI BAWAH AIR INDONESIA

STUDY ON THE USE OF UNDERWATER POWER TOOLS FOR IN SITU CONSERVATION: A CASE FROM INDONESIA SUBMERGED ARCHAEOLOGICAL REMAINS

Hafizhuddin

Abstract

In situ conservation of underwater archaeological resources is a conservation model that is carried out on-site without moving archaeological objects from their original place. The handling process that was carried out included documentation, analysis, cleaning, and stabilization. Artifacts submerged in the waterbed and settled within their environmental context are very important for the accuracy of archaeological interpretation. However, underwater work for conservation is not easy because of the limited time and equipment that can be carried. This paper explains how underwater power tools can help underwater archeology researchers work more effectively and efficiently. The equipment consists of an underwater cleaning brush tool for cleaning delicate archaeological objects, an underwater hammer drill for cleaning coarse archaeological objects which can also be used if you want to take certain samples, and an injection tool for injecting mortar or other special materials for consolidation. The results of this study are expected to be the basis so that these tools can be used in underwater archaeological sites in Indonesia.

Keywords: *in situ conservation, maritime archaeology, underwater power tools, shipwreck*

ABSTRAK

Konservasi in situ sumber daya arkeologi bawah air ialah model pelestarian yang dilakukan di lokasi tanpa memindahkan objek arkeologi dari tempat asalnya. Penanganan yang dilakukan meliputi dokumentasi, analisis, pembersihan, dan stabilisasi. Artefak yang terendam di dasar air dan menetap bersama konteks lingkungannya sangat penting untuk keakuratan interpretasi arkeologi. Namun, pekerjaan di bawah air untuk pelestarian bukan hal mudah karena keterbatasan waktu dan peralatan yang dapat dibawa. Makalah ini menjelaskan bagaimana *underwater power tools* dapat

Hafizhuddin

Badan Riset dan Inovasi Nasional, e-mail: hafi009@brin.go.id

© 2024 Penerbit BRIN

Hafizhuddin "Studi penggunaan *underwater power tools* untuk konservasi in situ: kasus pada peninggalan arkeologi bawah air Indonesia", dalam *Prosiding seminar nasional arkeologi 2021 "Teknologi di Indonesia dari masa ke masa"*, A. R. Hidayah, L. S. Utami, I. W. Sumerata, I. N. Rema, N. P. E. Juliawati, P. Y. Haribuana, G. Keling, I. A. G. M. Indria, dan N. Arisanti, Ed. Jakarta: Penerbit BRIN, September 2024, Bab 28, pp. 483–496, doi: 10.55981/brin.710.c1043, E-ISBN: 978-623-8372-95-9

membantu pekerjaan peneliti arkeologi bawah air agar lebih efektif dan efisien. Peralatan tersebut terdiri dari: *underwater cleaning brush tool* untuk membersihkan objek arkeologi yang bersifat halus, *underwater hammer drill* untuk membersihkan objek arkeologi yang bersifat kasar dan dapat juga digunakan apabila ingin mengambil sampel tertentu, serta alat injeksi untuk menyuntikkan mortar atau bahan khusus lain untuk konsolidasi. Hasil studi ini diharapkan menjadi landasan agar alat-alat tersebut dapat digunakan pada situs arkeologi bawah air di Indonesia.

Kata kunci: konservasi in situ; arkeologi maritim; *underwater power tools*; kapal tenggelam

A. PENDAHULUAN

Selama beberapa tahun terakhir, komunitas arkeologi internasional perlahan sudah melakukan pendekatan-pendekatan yang lebih ramah terhadap situs in situ bawah air untuk pengelolaan dan pelestarian. Tidak hanya sekedar mendiamkan situs untuk menghambat kerusakan, namun sudah mulai dilakukan penanganan cepat melalui pendekatan teknologi (Richards 2012). Bukan tanpa sebab, selain alam, risiko yang paling mengancam keutuhan situs sering kali datang dari manusia melalui tindakan pengangkatan ilegal dan segala bentuk praktik pencurian yang lain. Tren konservasi in situ sudah pernah digalakkan oleh UNESCO pada *the Convention on the Protection of the Underwater Cultural Heritage* (2001), yang berbunyi, “*the preservation in-situ of underwater cultural heritage shall be considered as the first option before allowing or engaging in any activities directed at this heritage*”.

Berdasarkan letak geografis, 2/3 wilayah Indonesia merupakan laut dengan garis pantai sepanjang 81.000 km dan terdiri dari 17.508 pulau (Chintya, 2015). Kondisi wilayah ini mengandung sumber daya laut yang sangat besar. Salah satunya adalah sumber daya arkeologi bawah air yang meliputi kapal tenggelam dan barang muatan kapal tenggelam (BMKT). Potensi sumber daya arkeologi bawah air yang melimpah ini tidak lepas dari sejarah perkembangan pusat perdagangan yang telah ada di Indonesia sejak awal masehi. Pedagang-pedagang dari Jawa, Tiongkok, Melayu, Eropa, dan Asia Barat berdagang di banyak pelabuhan di Indonesia. Perdagangan berkembang hingga mencakup antar-lokal hingga produk internasional, seperti keramik, manik-manik, koin, gong, perhiasan, logam, dan batu mulia. Indonesia sendiri dikenal sebagai negara penghasil rempah-rempah terbaik di dunia (Ardiwidjaja, 2017).

Makalah ini menyajikan data-data dan prosedur dalam menggunakan *underwater power tools* untuk pembersihan dan konsolidasi. Pembersihan dan konsolidasi merupakan salah satu cara pelestarian tinggalan arkeologi bawah air. Data-data tersebut dianalisis supaya penggunaannya dapat dioptimalkan pada situs-situs arkeologi bawah air di Indonesia.

Underwater power tools telah dikembangkan dalam proyek penelitian *Advanced Materials and Technologies Applied to the Conservation of the Underwater Cultural Heritage* (MaTaCoS) yang didanai oleh Italian Ministry of Economic Development (MISE). Proyek ini bertujuan untuk mengembangkan alat dan metode inovatif untuk

perlindungan tinggalan arkeologi bawah air, khususnya terkait dengan prosedur pembersihan, konsolidasi, dan pemantauan in situ (La Russa et al., 2018). Alat yang dikembangkan telah diuji oleh pengguna akhir, yaitu para peneliti profesional yang melaksanakan konservasi di situs arkeologi bawah air Peschiere di Sant'Irene, Briatico, Italia (Scalercio et al., 2021).

B. METODE

Makalah ini dikerjakan dengan metode *desk study*, atau lebih dikenal dengan *desk-based assesment* (DBA). Metode penelitian DBA melibatkan data arkeologi yang telah ada. Kemudian data tersebut dirangkum dan disusun untuk menjawab permasalahan arkeologi. Proses-proses yang dilakukan dalam *desk study* berupa identifikasi topik riset, identifikasi sumber data, mengumpulkan data arkeologi yang telah ada, menggabungkan dan membandingkan data, dan analisis data (CIFA, 2014).

Menurut Peraturan Pemerintah RI Nomor 32 Tahun 2019 tentang Rencana Tata Ruang Laut, Indonesia memiliki 1163 BMKT. Dari jumlah tersebut, hanya 20% situs BMKT yang telah diverifikasi keberadaannya. Dari 20% situs BMKT yang telah diverifikasi keberadaannya, hanya 3% yang telah dieksplorasi (Ridlo, 2021). Artinya, masih banyak tinggalan arkeologi bawah air in situ yang belum dikonservasi. Permasalahan utama dalam pelestarian bawah air in situ ialah keterbatasan waktu dan peralatan yang dapat dipakai di dasar air. Oleh karena itu, perlu dikaji upaya-upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasi masalah tersebut.

Hasil *desk study* menunjukkan ada suatu metode yang paling sesuai untuk mengatasi permasalahan ini, yaitu pemanfaatan teknologi *underwater power tools* dalam konservasi bawah air. Teknologi tersebut telah dikembangkan dan diuji coba pada proyek MaTaCoS pada tahun 2018 dan telah dijual secara komersial oleh perusahaan bernama Tech4Sea Srl asal Italia.

Produk yang dijual, antara lain: *underwater cleaning brush tool*, *underwater multifunctional hammer drill*, dan *underwater mortar injection tool*. Ketiga *underwater power tools* yang dikomersilkan oleh Tech4Sea merupakan bahan penelitian yang dibahas pada makalah ini.

Sebelum diuji coba pada proyek MaTaCoS, *underwater power tools* sudah dikembangkan sejak tahun 2001. Pengembangan ini dimulai melalui proyek "*Restoring Underwater*" oleh Istituto Superiore per la Conservazione ed il Restauro/ Superior Institute for Conservation and Restoration (ISCR) atau saat ini lebih dikenal sebagai Istituto Centrale di Restauro/ Central Institute for Restoration (ICR) (Petriaggi, 2012). ICR memiliki tujuan untuk melakukan eksperimen terhadap instrumen, bahan, metodologi, dan teknik yang dapat digunakan pada artefak bawah air yang terendam. Studi dimulai dengan restorasi pada Vivaria vila Romawi Torre Astura di Nettuno, Italia. Kemudian, pada tahun 2003 dilanjutkan di Taman Bawah Air Baiae di Naples, Italia.



Sumber: Petriaggi (2002)

Gambar 28.1 Restorasi pada Vivaria of the Roman Villa of Torre Astura di Nettuno, Italia tahun 2002



Sumber: Petriaggi (2002)

Gambar 28.2 Restorasi pada Baiae Underwater Park di Naples, Italia tahun 2003

Selama masa percobaan, berkembang suatu alat bernama *pneumatic micro-grinder tool*, yakni sebuah modifikasi alat antara bor baja anti karat yang digerakkan oleh udara melalui kompresor dan *pneumatic tank* untuk menampung mortar dan menyuntikkannya melalui pipa. Pada mulanya, penggunaan instrumen tidak berjalan baik karena peralatan yang disiapkan memakan waktu, biaya, dan tenaga. Keselamatan penyelam juga terancam akibat gelembung gas dari hasil pembuangan yang menyebabkan kaburnya visibilitas penyelam dan sering mengeluarkan gelombang kompresi yang mengakibatkan penyelam mual.



Sumber: Petriaggi (2002)

Gambar 28.3 *Pneumatic micro-grinder tool* hasil modifikasi alat operasi ortopedi berbahan *stainless-steel* dan kompresor. Didukung oleh *pneumatic tank* untuk menampung dan menyuntikkan mortar melalui pipa.

Evaluasi hasil penggunaan *underwater power tools* menunjukkan tren positif terhadap objek yang diuji. Sedimen dan endapan kotor yang mampu merusak artefak dapat diredam selama 10 tahun di dasar air (Petriaggi, 2012). Oleh karena itu, teknologi ini dikembangkan kembali melalui proyek In Situ Conservation Planning of Underwater Archaeological Artefacts (CoMAS) pada tahun 2016 untuk mengatasi kekurangan-kekurangan pada eksperimen sebelumnya. Proyek CoMAS secara khusus merancang prototipe agar operasionalisasinya mudah digunakan untuk pembersihan di bawah air. Masalah baru yang muncul tentang alat ini ialah berat di dalam dan di atas permukaan air yang menyulitkan mobilitasnya. Dalam satu paket alat pembersih ini, komponennya dimasukkan ke dalam satu kotak. Ketika perakitan dilakukan di dalam air, terkadang menjadi rumit karena harus menyesuaikan dengan waktu yang terbatas.

Dari beberapa pertimbangan dan segala uji coba, makalah ini mengusulkan tiga alat listrik bawah air terbaru yang sudah teruji dan lebih baik penggunaannya dibandingkan prototipe sebelumnya. Proses pengembangan alat ini jauh lebih mudah dari segi perakitan, produksi yang lebih cepat, sistem penggantian baterai di dalam air yang tidak rumit, dan harga yang lebih terjangkau. Ketiga alat tersebut sebagai berikut.

- 1) *Underwater cleaning brush tool* yang menggunakan baterai. Alat ini didesain lebih ringan dan ergonomis sehingga membuat penyelam lebih mudah melakukan pembersihan di bawah air.

- 2) *Underwater hammer drill* yang dapat digunakan di bawah air dan dilengkapi standar *Slotted Drive System* (SDS), yang memungkinkan penggunaan mata bor lebih tahan terhadap karat. Alat ini juga bisa membersihkan objek dari endapan yang lebih kasar dan menghilangkan kerak yang padat.
- 3) Alat injeksi untuk menyuntikkan mortar atau senyawa lain guna konsolidasi objek. Alat ini didesain dengan pegangan ergonomis sehingga penyelam tidak perlu melakukan banyak pergerakan.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari beberapa uji coba yang telah dilakukan pada situs-situs arkeologi bawah air di Italia, dapat disimpulkan bahwa *underwater power tools* cocok untuk konservasi in situ sebagai alat pembersihan, konservasi, dan konsolidasi tinggalan arkeologi bawah air. *Underwater Power Tools* meliputi sebagai berikut.

1) Alat Pembersih (*Underwater Cleaning Brush Tool*)

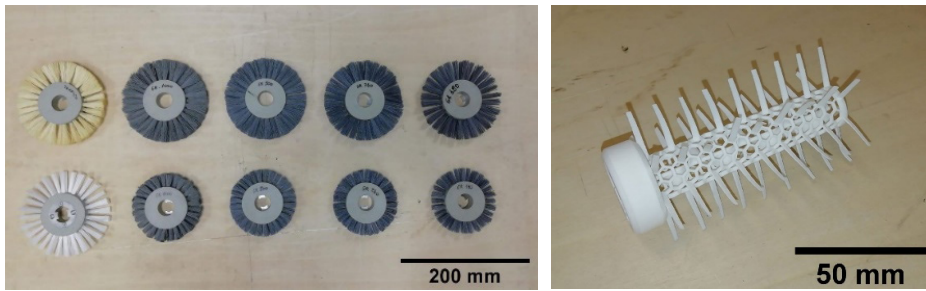
Alat pembersih ini (lihat gambar) telah dikembangkan untuk pembersihan artefak di bawah air secara cepat dan lebih efisien. Alat ini sangat efektif untuk menghilangkan endapan dan berbagai organisme laut yang menempel pada struktur atau artefak.



Sumber: Tech4Seasrl (2020)

Gambar 28.4 Alat Pembersih

Alat pembersih memiliki modular desain yang terdiri dari elemen berikut: modul transmisi yang terdiri dari dua komponen aluminium, segel mekanis, roda gigi bertransmisi, *power module* dengan wadah aluminium berbentuk silinder berisi motor tanpa sikat, dan komponen kontrol elektronik yang terpasang dengan baterai. Desain modular memungkinkan penggunaan alat sesuai dengan kebutuhan peneliti. Bahkan, alat ini dapat membersihkan sudut-sudut yang sulit. Motor yang berbeda juga dapat digunakan, tergantung pada bentuk struktur dan artefak yang akan dibersihkan.



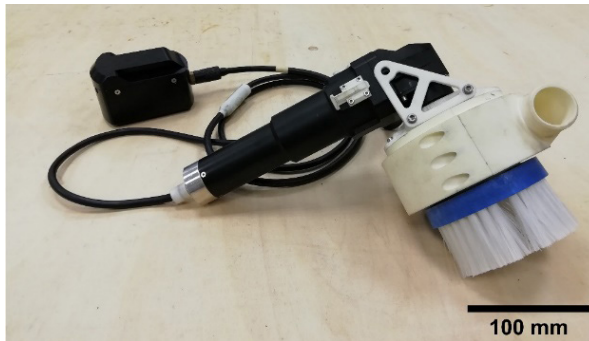
Sumber: Tech4Seasrl (2020)

Gambar 28.5 Beberapa variasi mata sikat yang bisa digunakan tergantung bentuk artefak dan struktur tinggalan arkeologi bawah air

Alat pembersih ini menggunakan baterai litium-ion 18 V, 5 Ah. Dua paket baterai yang berbeda telah dikembangkan, yang pertama adalah kabel penghubung dari baterai ke perangkat dan yang kedua adalah baterai yang terintegrasi langsung pada alat. Secara khusus, baterai yang terhubung dengan kabel membuat alat menjadi ringan dan lebih praktis. Sementara itu, baterai yang terintegrasi dengan alat dapat memudahkan dan mempercepat penggantian baterai ketika di bawah air. Alat pembersih bawah air ini dapat digunakan dengan satu tangan. Namun, pada beberapa kondisi disarankan untuk menggunakan dua tangan, tergantung kontrol mana yang lebih tepat digunakan oleh peneliti. Selain itu, terdapat juga penutup baja yang tahan karat dan dapat dilepas untuk melindungi pengguna selama proses pembersihan.

Lebih jauh lagi, terdapat komponen tambah berupa *suction* atau alat penghisap. Seperti yang kita ketahui, apabila melakukan sentuhan dengan struktur dan artefak bawah air, umumnya akan ada objek yang beterbangan dan mengganggu visibilitas penyelam. Alat penghisap ini berfungsi mengambil objek-objek tersebut. Mekanisme alat hisap ini diaktifkan oleh pompa sentrifugal yang menjaga kontak antara sikat dan permukaan. Hal tersebut memungkinkan pengguna membersihkan area yang lebih luas daripada jika menggunakan alat pembersih biasa. Selain itu, perangkat ini juga meningkatkan visibilitas pengguna pada saat menghisap karena partikel yang berhamburan di air menjadi lebih sedikit.

Buku ini tidak dipertanggungjawabkan

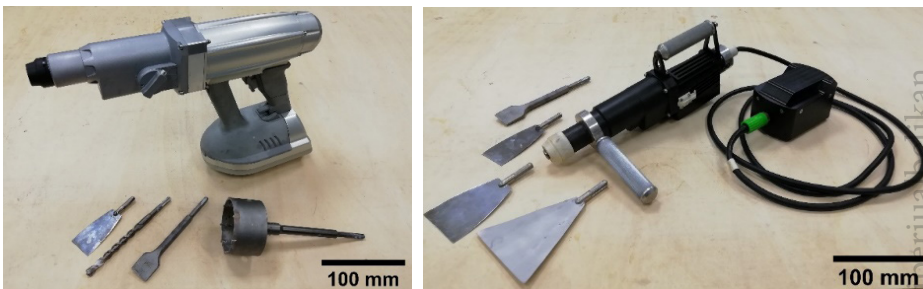


Sumber: Tech4Seasrl (2020)

Gambar 28.6 Alat Pembersih dengan Perangkat Hisap Tambahan

2) Alat Bor Multifungsi (*Underwater Hammer Drill*)

Jika alat pembersih adalah solusi yang efisien untuk menghilangkan endapan sekaligus organisme laut yang berada di permukaan struktur dan artefak bawah air, penggunaan bor dan pahat jauh lebih efektif dalam menghilangkan objek yang lebih padat dan kuat, seperti kerak. Bor juga dapat dikembangkan untuk pengambilan sampel dan dokumentasi, memahat, serta menghilangkan organisme yang lebih kuat dari endapan biasa. Secara khusus, alat bor bisa beralih menjadi tiga fungsi yang berbeda, misalnya sebagai bor palu, bor saja, atau untuk memahat saja.



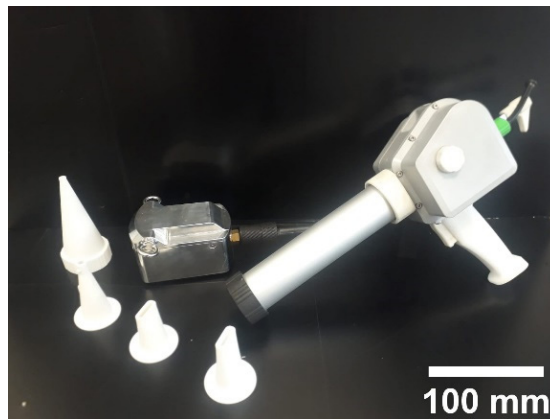
Sumber: Tech4Seasrl (2020)

Gambar 28.7 Alat Bor Bawah Air (*Underwater Drilling Tools*) dan Alat Pemahat Bawah Air (*Underwater Sculpting Tools*) digunakan untuk membersihkan kerak (*encrustation*) dan endapan yang lebih padat dan keras pada permukaan struktur atau artefak bawah air dalam proses konservasi arkeologi bawah air.

Untuk memudahkan pemulihan benda-benda di bawah air, alat bor dan pemahat dapat menggunakan sistem perkusi yang sederhana tanpa putaran. Sistem ini memungkinkan untuk membersihkan dengan pahat dan spatula serta mengambil sampel inti pada dasar laut yang tidak padat. Alat ini menggunakan baterai yang sama dengan alat pembersih kuas sehingga tidak perlu membawa cadangan baterai yang berlebih.

3) Alat Injeksi (*Injection Tool*)

Alat injeksi dikembangkan untuk memperbaiki struktur pada artefak bawah air yang terancam ketahanannya setelah pengangkatan kerak. Alat ini didesain lebih praktis dan ringan sehingga dapat digenggam tanpa kabel yang terhubung kemana pun. Bahan alat injeksi terbuat dari aluminium *anodized* yang berisi motor listrik, bersama dengan *gearbox*, baterai, dan komponen elektronik lainnya. Bahan yang disuntikkan dikompresi di dalam silinder dengan menggunakan kepala piston yang digerakkan oleh baja tahan karat. Rak *pinion* digerakkan oleh motor DC melalui *gearbox planetary rasion* sehingga dapat dengan mudah mengeluarkan senyawa padat. Pegangan alat dipastikan dapat digenggam dengan erat oleh pengguna sehingga tidak mengganggu pekerjaan.



Sumber: Tech4Seasrl (2020)

Gambar 28.8 Alat Injeksi Bawah Air

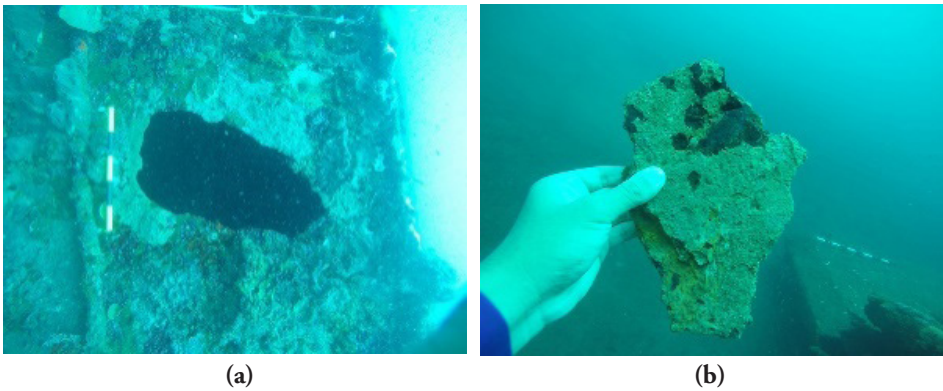
1. Perkiraan Implementasinya Terhadap Situs Arkeologi Bawah Air di Indonesia

Dari beberapa situs yang diuji coba di Italia, beberapa di antaranya memiliki kesamaan karakteristik lingkungan bawah air dengan situs di Indonesia. Berikut ini beberapa situs yang dirangkum.

a. Kapal Karam Wairterang

Kapal karam yang terdapat di perairan Teluk Maumere ini memiliki ukuran panjang 62 meter, lebar haluan 3,8 meter, lebar buritan 6,7 meter, lebar lambung kapal 10 meter, dan tinggi kapal 4,5 meter. Jangkar pada kapal ini tidak ditemukan sehingga mengindikasikan bahwa kapal tersebut karam ketika dalam posisi tertambat. Hal ini dibuktikan dengan berkurangnya tempat menggulung tali jangkar yang hanya tersisa tiga gulungan. Kapal ini diperkirakan hanya dilengkapi dengan satu jangkar

karena hanya ditemukan satu tali yang menjuntai dalam keadaan tertutup lumpur. Mesin dan propeler sudah hilang, kemungkinan dijarah karena memiliki nilai jual tinggi. Haluan kapal masih utuh dengan posisi agak miring ke arah timur, sedangkan bagian bawah kapal sebelah depan sudah tidak tampak karena tertutup lumpur. Bagian badan kapal dalam kondisi hancur di titik 18,8 meter dari haluan, sedangkan bagian buritan patah dan miring ke arah timur. Posisi hadap kapal saat ini adalah 330° arah barat laut.



Sumber: Sumerata (2019)

Gambar 28.9 (a) Lubang yang diduga bekas tembakan; (b) Serpihan besi kapal seperti bekas terbakar

Kapal ini merupakan sisa peninggalan pendudukan Jepang di Flores pada waktu Perang Dunia II. Menurut penuturan masyarakat yang didapat ketika *focus group discussion*, kapal ini dibom oleh Sekutu pada saat pencarian logistik berupa air di sekitar Wairterang. Selain itu, kapal ini juga digunakan oleh tentara Jepang untuk mengangkut arang kayu dan kayu bakar guna keperluan tertentu. Pada situs ini, diketahui kondisi kapal yang terdapat banyak lumpur dan endapan semi-berat lain sehingga alat pembersih dan alat bor bisa saja digunakan untuk mempertegas konteks kapal dengan lingkungannya.

a. Bangkai Kapal USAT Liberty

Salah satu kapal yang tenggelam di perairan Indonesia pada masa Perang Dunia ke-2 adalah USAT Liberty milik angkatan laut Amerika Serikat. Situs kapal USAT Liberty terletak di Desa Tulamben, Kecamatan Kubu, Kabupaten Karangasem, Bali. Bagian haluan kapal terletak di koordinat $8^{\circ}16'24''$ Lintang Selatan dan $115^{\circ}35'33.1''$ Bujur Timur, sedangkan bagian buritan terletak di koordinat $8^{\circ}16'27.8''$ Lintang Selatan dan $115^{\circ}35'34.5''$ Bujur Timur. Koordinat ini diperoleh dengan menggunakan alat Global Positioning System (GPS) dari atas permukaan air. Situs kapal USAT Liberty

berada di kedalaman 7 meter sampai 30 meter dari permukaan air dengan orientasi utara-selatan.

Kapal kargo ini mengangkut rel kereta api dan karet untuk mendukung keperluan tentara Amerika Serikat dalam peperangan. Pada tanggal 11 Januari 1942, kapal USAT Liberty terkena tembakan torpedo yang diluncurkan oleh kapal selam seri I-166 milik tentara Jepang yang berlokasi sekitar 19 km ke arah barat daya Selat Lombok.

Kapal USAT Liberty mengalami kerusakan parah sehingga harus ditarik oleh dua kapal, yaitu kapal milik tentara Amerika Serikat, Paul Jones dan Kapal Perusak milik Belanda, Van Gent. Kapal ini ditarik menuju pelabuhan milik Belanda di daerah Singaraja. Kerusakan parah yang dialami USAT Liberty memaksa kapal harus bersandar di pantai Bali Timur, tepatnya di Desa Tulamben karena kapal telah dibanjiri oleh air sehingga tidak memungkinkan untuk terus ditarik sampai ke Singaraja. Muatan kapal USAT Liberty pun akhirnya diselamatkan dari dalam kapal di Desa Tulamben.



Sumber: Adhityatama (2015)

Gambar 28.10 Kerusakan pada Kapal USAT Liberty

Tempat terdamparnya kapal ini sekarang menjadi sangat populer di kalangan para penyelam, baik dari dalam maupun luar negeri. Situs ini menarik karena para penyelam sangat mudah untuk melakukan *wreck diving* atau penyelaman dengan objek kapal tenggelam karena letaknya dekat dengan pantai. Selain itu, objek kapal karam ini sendiri menarik karena merupakan peninggalan Perang Dunia ke-2.

Situs ini juga memungkinkan untuk digunakannya alat pembersih apabila ada struktur atau artefak yang ingin dilihat detailnya untuk identifikasi. Apabila ternyata terdapat sentuhan yang mengancam keberadaan artefak, alat injeksi dapat digunakan untuk memperlakukannya.

a. MV Boelongan

Kapal MV Boelongan Nederland dibuat oleh galangan kapal N.V. Gebroeders Pot yang terletak di kota kecil bernama Slikkerveer, berjarak 10 km di selatan Rotterdam (Prasetya, 2018). Pembuatan Kapal MV Boelongan dilakukan pada tahun 1915 di galangan kapal N.V. Gebroeders Pot nomor 689. Setahun kemudian, galangan kapal N.V. Gebroeders Pot pindah ke dekat Rotterdam, tepatnya di Bolnes. Pertama kali diluncurkan pada Mei–September 1915 dalam rangkaian uji coba, kapal ini lalu diberi nama Boelongan. Pada bulan September 1915, Kapal Boelongan dikirim secara resmi kepada pemiliknya, yaitu perusahaan pelayaran di Hindia Belanda bernama Koninklijke Paketvaart Maatschappij (KPM). Kapal Boelongan meninggalkan Belanda pada tanggal 2 Oktober 1915 dan tiba di Hindia Belanda pada bulan Desember 1915 (Prasetya, 2018).

Berdasarkan kesaksian Anas Alin Randah (83) warga Nagari Mandeh yang dikutip dari Rinaldi (2013), Kapal MV Boelongan terlihat berada di Kawasan Teluk Mandeh, tepatnya di daerah Teluk Dalam (antara Pulau Cubadak dan Pulau Taraju) sekitar sepekan sebelum diserang oleh pesawat Jepang pada tanggal 28 Januari 1942. Selepas zuhur (Rabu, 28 Januari 1942), 12 pesawat pengebom Jepang mendarat di Kawasan Teluk Mandeh. Selama 3 jam, pesawat-pesawat tersebut membombardir Kapal MV Boelongan. Delapan pesawat Jepang kemudian datang menggantikan 12 pesawat sebelumnya hingga akhirnya serangan tersebut ditutup oleh enam pesawat berikutnya. Saat serangan berlangsung, posisi Kapal MV Boelongan yang dinakhodai oleh Kapten ML Berveling berada pada posisi terbuka di Teluk Mandeh yang jaraknya sekitar 200m dari daratan terdekat dan sekitar 70 km dari Kota Padang (Rinaldi, 2013). Kapal MV Boelongan tenggelam setelah dibom pada haluan, buritan, dan tepat di cerobong asapnya. Kapal tersebut tenggelam dalam posisi mendarat dengan haluan menghadap ke arah barat daya sementara buritan menghadap arah timur laut di kedalaman 18—25 meter (Rinaldi, 2013).



(a)



(b)

Sumber: Adhityatama (2015)

Gambar 28.11 (a) Rangka Lambung Kiri (tengah); (b) Rangka Lantai Dek

Potensi MV Boelongan untuk dikonservasi menggunakan teknologi ini juga sangat memungkinkan karena di beberapa struktur kapal terdapat detail-detail yang harus diperjelas untuk identifikasi dan dokumentasi.

D. KESIMPULAN

Makalah ini mempresentasikan cara penggunaan beberapa teknologi terbaru untuk konservasi in situ yang telah dikembangkan pada proyek MataCoS. Pengembangan peralatan listrik tersebut digunakan untuk pelestarian, pembersihan, dan konsolidasi situs arkeologi bawah air secara in situ. Secara khusus, tiga alat baru telah dirancang, dibuat prototipenya, dan diuji. Dengan demikian, pekerjaan yang dilakukan oleh peneliti lebih mudah dan cepat selama operasi pada struktur dan artefak yang terletak di bawah air berlangsung. Pertama, alat sikat pembersih bawah air membuat pekerjaan peneliti untuk menghilangkan endapan dari permukaan struktur dan artefak lebih efisien. Kedua, bor palu bawah air multifungsi cocok untuk mengebor, mengumpulkan sampel, serta membantu detail dokumentasi. Bor juga dapat digunakan sebagai pahat untuk menghilangkan organisme yang lebih kuat dari endapan biasa. Terakhir, alat injeksi bawah air yang memungkinkan ekstrusi mortar untuk teknik konsolidasi pada struktur dan artefak bawah air. Saran pertama yang dapat disampaikan adalah melakukan pengadaan alat ini sesegera mungkin di Indonesia, mengingat melimpahnya potensi sumber daya arkeologi yang dimiliki negara tersebut. Kedua, sinergi dan kolaborasi antarinstansi penelitian harus dilakukan agar seluruh titik situs bawah air dapat diteliti secara mendalam.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih saya sampaikan kepada peneliti Balai Arkeologi Provinsi Bali yang telah meluangkan waktunya untuk saya pada saat diskusi.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhityatama, Shinatria. 2017. "Model Jalur Penyelaman Situs Usat Liberty: Studi Pengelolaan Sumber Daya Arkeologi Bawah Air." *Forum Arkeologi* 28 (3) : 165–76. <https://doi.org/10.24832/fa.v28i3.83>.
- Ardiwidjaja, Roby. 2017. "Pelestarian Tinggalan Budaya Bawah Air: Pemanfaatan Kapal Karam sebagai Daya Tarik Wisata Selam." *Amerta* 35 (2) : 133. <https://doi.org/10.24832/amt.v35i2.251>.
- Chartered Institute for Archaeologists [CIFA]. 2014. *Standard and guidance for historic environment desk-based assessment*. Chartered Institute for Archaeologists. https://www.archaeologists.net/sites/default/files/CIFAS&GDBA_2.pdf.
- Chintya, Aprina. 2015. "Optimalisasi Pemanfaatan Kekayaan Laut: Kajian Ayat-Ayat Bahrri." *Jurnal Institut Agama Islam Negeri Metro*, 1–11.
- La Russa, Mauro F., S.A. Ruffolo, M. Ricca, D. Barca, A. Gallo, dan M. Lupia. 2018. "The MaTACoS Project: New Perspective in the Conservation of Underwater Cultural

- Heritage.” *The X AIAr (Italian Archaeometric Society) National Convention*. Turin. https://www.matacosproject.com/_files/ugd/1f74cc_0040341be6284ef18083f9da88dcc61a.pdf.
- Petriaggi, R., (2002). The Role of the Italian Central Institute of Restoration in the Field of Underwater Archaeology. *The International Journal of Nautical Archaeology*, 74-82. doi:doi:10.1006/ijna.2002.1004
- Petriaggi, R., dan B. Davidde. 2012. “The ISCR Project Restoring Underwater: An Evaluation of the Results After Ten Years”. *conservation and mgmt of arch. sites, Vol. 14 Nos 1–4*, 93–200. <https://doi.org/10.1179/1350503312Z.00000000016>
- Prasetya, Wastu Hari. 2018. “Pertimbangan Lingkungan dalam Perlindungan In-Situ Kapal Karam MV Boelongan Nederland di Teluk Mandeh,...” *ResearchGate*, December. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.26910.38728>.
- Richards, V., 2012. “In Situ Preservation and Monitoring of the James Matthews Shipwreck Site”. *Conservation and Management of Archaeological Sites Vol. 14 Nos 1–4*, 169–81.
- Ridlo, M. M., dan M.F. Alfian. 2021. “Posisi Indonesia Dalam Rezim UNESCO Perlindungan Cagar Budaya Bawah Air: Pencurian Bangkai Kapal Milik Asing di Laut Indonesia”. *Journal of International Relations, Volume 7, Nomor 2, 2021.*, 66-76. Retrieved from <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jihi>
- Rinaldi, Ingki. 2013. “Pantai Barat Sumatera, Kejayaan Masa Silam.” Akses Oktober 30, 2021. <https://regional.kompas.com/read/2013/01/12/02270721/Pantai.Barat.Sumatera.Kejayaan.Masa.Silam>
- Scalercio, Emiliano, Francesco Sangiovanni, Alessandro Gallo, dan Loris Barbieri. 2021. “Underwater Power Tools for In Situ Preservation, Cleaning and Consolidation of Submerged Archaeological Remains”. *J. Mar. Sci. Eng. 2021, 9, 676*, 1-14.
- Sumerata, I. Wayan, Ida Ayu Gede Megasuari Indria, and Ulung Jantama Wisna. “Sejarah dan prospek pengembangan situs Kapal Karam Wairterang, Sikka, Nusa Tenggara Timur.” *Forum Arkeologi*. Vol. 32. No. 1. 2019. <https://forumarkeologi.kemdikbud.go.id/index.php/fa/article/view/559>
- UNESCO. 2001. “Convention on the protection of the underwater cultural heritage”. Retrieved 10 31, 2021, from http://portal.unesco.org/en/ev.php-URL_ID=13520&URL_DO=-DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html
- “PP No. 32 Tahun 2019 tentang Rencana Tata Ruang Laut.” n.d. Database Peraturan Perundang-undangan Indonesia - [PERATURAN.GO.ID]. <https://peraturan.go.id/id/pp-no-32-tahun-2019>.
- Tech4Seasrl. 2020. <https://www.tech4sea.it/>