

KONSERVASI IN-SITU: EVALUASI KONSERVASI KURATIF DAN UPAYA PRESERVASI TEMUAN RANGKA MANUSIA PERIODE HOLOSEN DI SITUS CAPPALOMBO, SULAWESI SELATAN

IN-SITU CONSERVATION: EVALUATION OF CURATIVE CONSERVATION AND PRESERVATION EFFORTS FOR HOLOCENE HUMAN REMAINS AT THE CAPPALOMBO SITE, SOUTH SULAWESI

Erwin Mansyur Ugu Saraka^{1,7}, Fakhri^{2,7}, Delta Bayu Murti³, Muh Hafdal⁴
Yadi Mulyadi^{1,7}, Nurul Adliyah Purnama Sari⁵, Yulastri Yulia⁶

¹Departemen Arkeologi, Universitas Hasanuddin, Indonesia

²Pusat Riset Arkeometri, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Indonesia

³Departemen Antropologi, Universitas Airlangga, Indonesia

⁴Program Studi Magister Arkeologi, Universitas Gadjah Mada

⁵Pusat Riset Arkeologi Sejarah dan Prasejarah, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Indonesia

⁶Wallaceae Heritage Indonesia, Indonesia

⁷Pusat Kolaborasi Riset Arkeologi Sulawesi, Indonesia

erwin.saraka@unhas.ac.id; fakh005@brin.go.id; deltabayu@fisip.unair.ac.id; muhhafdalh@mail.ugm.ac.id

yadi.mulyadi@unhas.ac.id; nuru039@brin.go.id; yulastriyulas@gmail.com

Abstrak. Konservasi kuratif dan preservasi temuan arkeologis memainkan peran krusial dalam melindungi warisan budaya sesuai prinsip ilmiah. Studi ini mengevaluasi konservasi kuratif dan upaya strategi preservasi pada temuan rangka manusia periode Holosen Tengah yang ditemukan di situs prasejarah Cappalombo, Kawasan Karts Bontocani, Sulawesi Selatan. Penelitian ini mencakup penilaian kondisi awal rangka, teknik pembersihan dan konsolidasi menggunakan Paraloid B-72 dengan pelarut aseton, serta pendokumentasian. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa penggunaan PB-72 dengan konsentrasi sekitar lebih dari 7% w/v secara efektif memperkuat dan melindungi tulang yang rapuh, namun menimbulkan efek berupa perubahan warna yang cukup signifikan, tulang mengkilap dan pepadatan tanah tempat keletakan rangka (in-situ). Upaya preservasi berupa pembuatan rangka kayu berbentuk persegi dan segitiga siku siku dari dua kotak ekskavasi yang disatukan dapat mengoptimalkan ruang untuk temuan rangka. Ruang yang ideal dari bentuk preservasi ini, yang disertai dengan pelapisan plastik oriented polypropylene (OPP) dan polypropylene karung plastik putih (doff) sebelum ditimbun tanah memastikan perlindungan jangka panjang bagi temuan tersebut. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi studi ilmiah bagi konservator dalam menangani objek arkeologis serupa dan meningkatkan pemahaman tentang teknik konservasi yang efektif serta menjadi bahan evaluasi dalam perkembangan teknologi dan metode konservasi rangka manusia pada matriks insitu di masa mendatang.

Kata Kunci: Rangka Manusia, Periode Holosen, Paraloid B72, Konservasi Kuratif, Preservasi

Abstract. Curative conservation and preservation of archaeological finds play a crucial role in protecting cultural heritage according to scientific principles. This study evaluates curative conservation and preservation strategies applied to Middle Holocene human skeletal remains discovered at the prehistoric Cappalombo site, Bontocani Karst Region, South Sulawesi. The research includes an assessment of the initial condition of the bones, cleaning and consolidation techniques using Paraloid B-72 with acetone solvent, and documentation. The evaluation results show that using B-72 at concentrations above 7% w/v effectively strengthens and

DOI: 10.55981/konpi.2024.45

This conference is held by the Ministry of Culture and National Research and Innovation Agency of Indonesia

©2024 The Author(s). This is an open access article CC BY-SA license

(<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>)

protects fragile bones but causes significant colour changes, shiny bones, and soil compaction where the remains are placed (in-situ). Preservation efforts include constructing a wooden frame with square and right-angled triangular shapes from two joined excavation boxes, which optimises space for the skeletal finds. This ideal preservation space, combined with layering with oriented polypropylene (OPP) and white polypropylene (doff) plastic sheeting before covering with soil, ensures long-term protection for the finds. This study is expected to provide valuable information for conservators handling similar archaeological objects, enhance understanding of effective conservation techniques, and serve as a reference for evaluating the development of conservation technologies and methods for human remains in situ in the future

Keywords: Human Remains, Holocene Period, Paraloid B72, Curative Conservation, Preservation

1 Pendahuluan

Konservasi warisan budaya, termasuk temuan arkeologis, memainkan peran penting dalam melindungi dan mempertahankan identitas kebudayaan. Dalam konteks globalisasi dan modernisasi yang pesat, banyak aspek warisan budaya yang terancam punah atau mengalami kerusakan karena pada prinsipnya semua material hasil kebudayaan manusia yang telah menjadi tinggalan arkeologi akan mengalami proses degradasi dan kerusakan. Upaya konservasi tidak hanya berfokus pada preservasi fisik objek, tetapi juga mencakup pemahaman konteks sejarah dan budaya di mana objek tersebut berasal. Sebagai bagian dari disiplin ilmu yang lebih luas, konservasi mencakup berbagai teknik dan metodologi yang bertujuan untuk meminimalkan kerusakan, memperlambat kerusakan dan memastikan bahwa warisan budaya dapat diakses dan dipahami oleh generasi mendatang. Konservasi juga dimaknai sebagai melindungi segala aspek yang terkandung di dalam warisan cagar budaya, baik fisik maupun pemaknaan (Subakti, 2021) dan dalam pelestarian artefak terkadang dilakukan melalui metode seperti intervensi aktif, tindakan pencegahan, atau tidak melakukan tindakan apa pun berdasarkan penilaian lingkungan (MacLeod, I. D., & Boccia Paterakis, A., 2023). Selain itu dalam arti yang luas konservasi arkeologis berkaitan dengan upaya pelestarian, perlindungan, dan pemulihan artefak (Ravdanbat, E., & Narmandakh, N., 2022).

Konservasi dan preservasi temuan arkeologis menjadi aspek penting dalam ilmu pengetahuan, khususnya untuk menjaga keberlanjutan dan kelestariannya dalam jangka panjang serta memperlambat kerusakan material objek arkeologi. Prinsip-prinsip ilmiah dalam konservasi bertujuan untuk memperbaiki kondisi fisik temuan yang rusak, sebagai upaya untuk memperlambat kerusakan dan degradasi, serta memperpanjang usia tinggalan arkeologi sementara preservasi berfokus pada perlindungan agar benda tersebut tetap aman dari kerusakan lebih lanjut dan menjadi bagian dari tindakan preventif untuk mencegah kerusakan lebih lanjut. Kedua aspek ini, apabila dilakukan dengan benar, berkontribusi pada keberlanjutan warisan budaya yang tak ternilai harganya (Ariffin, 2015) dan menjadi upaya pelestarian dan perlindungan warisan budaya yang berkelanjutan (Vadrucci, M. (2025).

Salah satu situs yang menyimpan potensi warisan budaya yang besar adalah Cappa Lombo, situs prasejarah di Kawasan Karst Bontocani, Sulawesi Selatan. Di situs ini, ditemukan beberapa tinggalan berupa rangka manusia dari periode Holosen Tengah yang berpotensi memberikan wawasan penting mengenai kehidupan manusia purba di Indonesia. Namun, kondisi fisik temuan arkeologis yang rentan dan rapuh setelah tindakan ekskavasi menuntut perhatian serius dalam proses konservasi dan preservasinya agar tidak mengalami kerusakan lebih lanjut, terutama karena faktor usia, kelembaban, dan interaksi dengan elemen lingkungan lainnya (Schiffer, 1987) serta faktor internal dalam bentuk proses tafonomi (Cortés, A. D *et al*, 2021). Penanganan temuan arkeologis memerlukan pemahaman mendalam tentang teknik konservasi yang efektif, intervensi yang akan dilakukan, dan kesesuaian dengan karakteristik material yang ditemukan. Lebih lanjut sangat perlu juga diperhatikan lokus dimana material arkeologi ditemukan. Sebagai contoh, rangka manusia yang ditemukan dalam kondisi rapuh memerlukan penanganan khusus agar tetap aman dan dapat dipelajari oleh generasi mendatang. Dalam konteks ini, penelitian mengenai teknik konservasi untuk rangka manusia yang ditemukan di situs-situs prasejarah sangat penting khususnya pada temuan in-situ hasil ekskavasi arkeologis. Konservasi sisa-sisa kerangka manusia melibatkan teknik stabilisasi menggunakan bahan sintesis modern, seperti konsolidator akrilik, untuk mengurangi ancaman terhadap integritas material selama penggalian dan penyimpanan, sambil mempertimbangkan dampaknya terhadap analisis biomolekuler di masa mendatang dan keinginan pemangku kepentingan masyarakat (Beaubien, H. F. (2019) juga dapat meningkatkan penelitian tentang biologi dan ekologi kerangka populasi masa lalu untuk penelitian selanjutnya (Bezerra, I., & Silva, H. P. (2009). Keberhasilan dalam menjaga dan mengawetkan temuan ini tidak hanya bergantung pada teknologi konservasi yang digunakan, tetapi juga pada pemahaman tentang sifat dan kondisi material asli yang ditemukan (Cronyn, 2003).

Situs Cappa Lombo memberikan tantangan tersendiri dalam hal konservasi temuan arkeologis yang berasal dari periode Holosen Tengah karena rangka manusia yang ditemukan berada dalam kondisi yang cukup rapuh dan

**Erwin Mansyur Ugu Saraka, Fakhri, Delta Bayu Murti, Yadi Mulyadi,
Nurul Adliyah Purnama Sari, dan Yulastri Yulia**

tempat di temukannya berada pada ceruk di perbukitan karst. Banyak faktor yang dapat menyebabkan kerusakan pada temuan semacam ini, baik yang berasal dari proses alami seperti perubahan suhu dan kelembaban, maupun aktivitas manusia yang tidak terduga. Oleh karena itu, penerapan teknik konservasi yang efektif sangat penting untuk memastikan bahwa temuan tersebut dapat bertahan dalam jangka panjang.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi metode konservasi kuratif dan strategi preservasi yang diterapkan pada temuan rangka manusia dari situs Cappa Lombo yang telah dilakukan selama kurang lebih dua tahun dari tahun 2022 ke tahun 2024. Sebagai bagian dari konservasi kuratif, proses pembersihan dan konsolidasi dilakukan dengan menggunakan Paraloid B-72 yang dipadu dengan pelarut aseton. Paraloid B-72 adalah salah satu resin sintetis yang sering digunakan dalam konservasi karena kemampuannya untuk menguatkan dan melindungi material tanpa merusak struktur asli (Horie, 2013). Paraloid B-72 umumnya digunakan sebagai perekat dan konsolidasi sisa-sisa manusia (Nethaway, 2020). Penggunaan bahan ini bertujuan untuk memperkuat tulang yang rapuh tanpa merusak komposisi atau integritas fisik dari temuan tersebut. Evaluasi terhadap efektivitas penggunaan Paraloid B-72 sangat penting untuk memastikan bahwa teknik ini tidak menimbulkan perubahan yang signifikan pada warna atau tekstur permukaan temuan, yang dapat mengganggu interpretasi ilmiah. Selain itu, evaluasi penggunaan Paraloid B-72 juga untuk mengidentifikasi efektivitas bahan penguatan melalui pemeriksaan dan analisis (Samir Abo El-Hassan, et. al., 2022). Oleh karena itu, inilah menjadi dasar yang kuat untuk mengevaluasi tindakan konservasi dan upaya preventif yang dilakukan pada temuan rangka manusia in-situ periode Holosen Tengah, di situs Cappa Lombo.

2 Konteks Situs dan Material

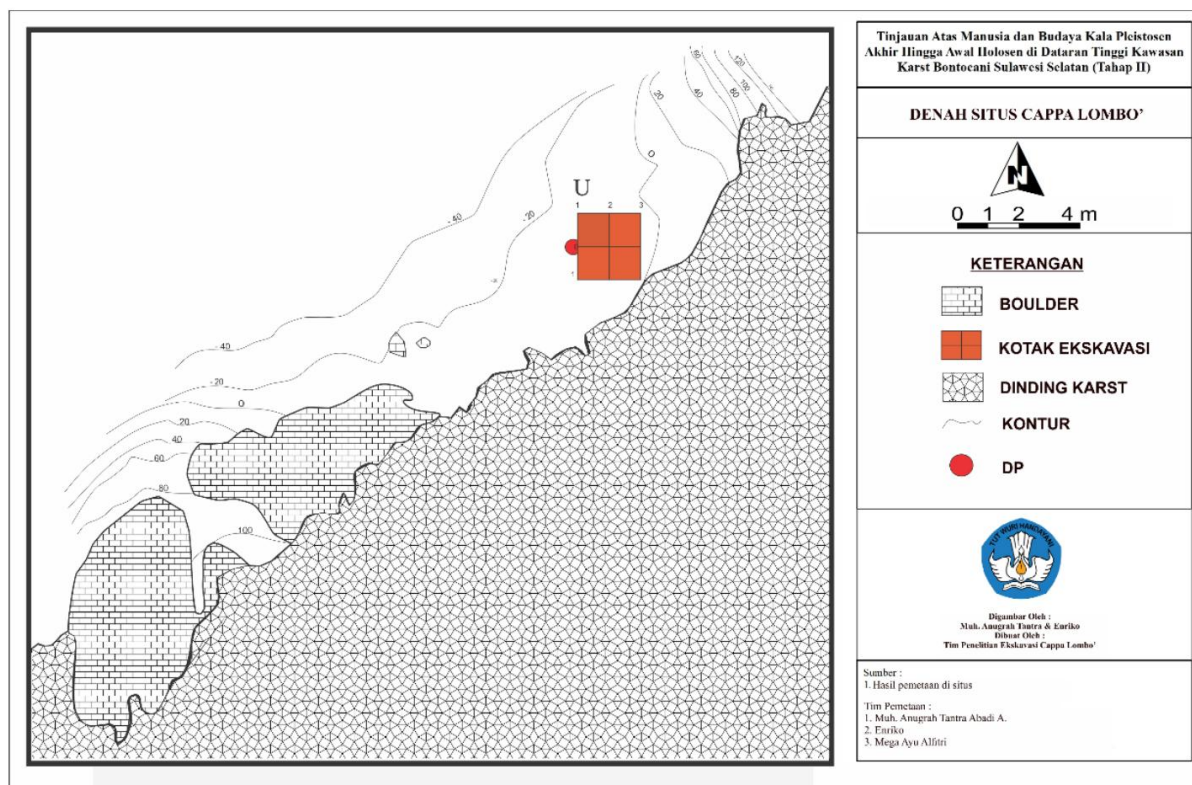
Situs Cappa Lombo terletak di perbukitan karst wilayah Bontocani, tepatnya di Desa Pattuku, Kecamatan Bontocani, Kabupaten Bone, Provinsi Sulawesi Selatan. Secara astronomis, situs ini berada pada koordinat $5^{\circ} 04' 29,26''$ LS dan $119^{\circ} 57' 46,5''$ BT, dengan elevasi 628 meter di atas permukaan laut. Cappa Lombo merupakan ceruk yang menghadap ke barat laut, memiliki lebar sekitar 10 meter dan panjang 40 meter. Permukaan situs sebagian besar tertutup oleh dedaunan kering, dan galian serta kotoran hewan. Jenis tanah di permukaan situs terdiri dari lempung berpasir, dengan tingkat pencahayaan mencapai 75%. Hasil analisis pertanggalan dari sampel dari kerang dan arang menggunakan analisis *carbon dating* lapisan budaya di Situs Cappalombo berada pada kisaran antara 7600 hingga 6300 tahun yang lalu (Fakhri, et. al., 2022) dengan referensi kerang (5569 ± 20 BP, 95.4%) dan arang (6640 ± 19 BP, 95.4%).



Gambar 1. Situs Cappa Lombo. Sumber: (Fakhri, 2021)



Gambar 2. Kondisi Permukaan Tanah. Sumber: (Fakhri, 2021)



Gambar 3. Denah Situs Cappa Lombo menggambarkan kontur situs yang sebagian besar permukaannya cenderung datar, sementara bagian depan ceruk terlihat memiliki kemiringan yang terjal. Sumber: (Fakhri, 2021).

Temuan rangka manusia di Situs Cappa Lombo berasal dari hasil ekskavasi yang dilakukan pada tahun 2017, 2018, 2021, dan 2022. Dalam proses penelitian tersebut, ditemukan sisa rangka manusia yang terdiri dari tujuh individu, yang masing-masing diberi simbol CPL_R1 hingga CPL_R7. Temuan-temuan tersebut terkait erat

dengan berbagai artefak, seperti artefak batu, tulang binatang, oker, serta beberapa kerang yang ditemukan dalam lapisan yang sama. Individu CPL_R7, yang ditemukan pada kotak ekskavasi U2T3, menjadi objek konservasi pada tahun 2022. Berdasarkan analisis bioarkeologi, individu ini diperkirakan berjenis kelamin perempuan dengan usia sekitar 25 hingga 35 tahun pada saat kematiannya. Estimasi tinggi badan individu CPL_R7 menunjukkan rentang yang bervariasi, dengan rentang terendah sekitar 145,7 hingga 154,68 cm dan rentang tertinggi antara 155,05 cm hingga 163,35 cm. Data ini memberikan informasi yang berharga untuk pemahaman tentang karakteristik fisik penduduk Holosen Tengah di kawasan Cappa Lombo, serta membantu mengungkap aspek demografis dan kesehatan masyarakat pada masa itu. Secara stratigrafi, Situs Cappa Lombo terdiri dari dua lapisan budaya. Lapisan pertama berkaitan dengan kebudayaan gerabah yang diperkenalkan oleh manusia penutur Bahasa Austronesia, sementara lapisan kedua merupakan lapisan budaya Toalian, yang ditandai dengan artefak batu serpih Maros Point dan beberapa temuan arkeologis lainnya. Temuan-temuan ini berasosiasi dengan temuan rangka yang menunjukkan ciri-ciri kebudayaan manusia Australomelanesid (Fakhri, et. al., 2021).

3 Metode

Penelitian evaluasi konservasi ini dilakukan pada material yang dikonservasi pada tahun 2022. Metode evaluasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah komparasi antara kondisi awal sebelum dilakukan perlakuan konservasi, saat dilakukan konservasi, dan kondisi akhirnya pada tahun 2024.

Penilaian kondisi awal temuan rangka terutama berfokus pada aspek kondisi fisik tulang dan kerentanannya. Inspeksi visual dilakukan untuk mengidentifikasi kerusakan atau perubahan pada permukaan tulang (retakan, fraktur, pelapukan, jamur dan degradasi tulang). Pengujian tingkat kelembaban dan kondisi lingkungan di sekitar situs juga dilakukan untuk menilai faktor eksternal yang dapat mempengaruhi temuan. Terakhir, dokumentasi kondisi awal direkam menggunakan foto, sketsa, gambar *layout* stratigrafi dan catatan rinci.

Data kondisi saat dilakukan konservasi didapatkan melalui penjabaran empat tahap tindakan, pertama berupa pembersihan dan persiapan awal dengan tujuan membersihkan temuan dari kotoran, dedaunan, tanah, dan kontaminan lainnya tanpa merusak struktur asli rangka; kedua berupa pembersihan mekanis; ketiga berupa pembersihan kimia; dan terakhir berupa tahap konservasi kuratif. Hasil konservasi kemudian di evaluasi dengan menilai aspek warna, keutuhan, dan kekokohan tulang berdasarkan observasi visual dan pengujian mekanis sederhana. Observasi visual dilakukan untuk memeriksa efek samping, seperti perubahan warna atau penimbunan lapisan yang terlalu tebal pada permukaan tulang. Pengujian mekanis sederhana dilakukan untuk menilai kekuatan tulang. Selain itu, juga dilakukan evaluasi tindakan preservasi dan implementasi preservasi yang optimal untuk memastikan perlindungan jangka panjang terhadap temuan rangka manusia secara in-situ.

4 Hasil dan Diskusi

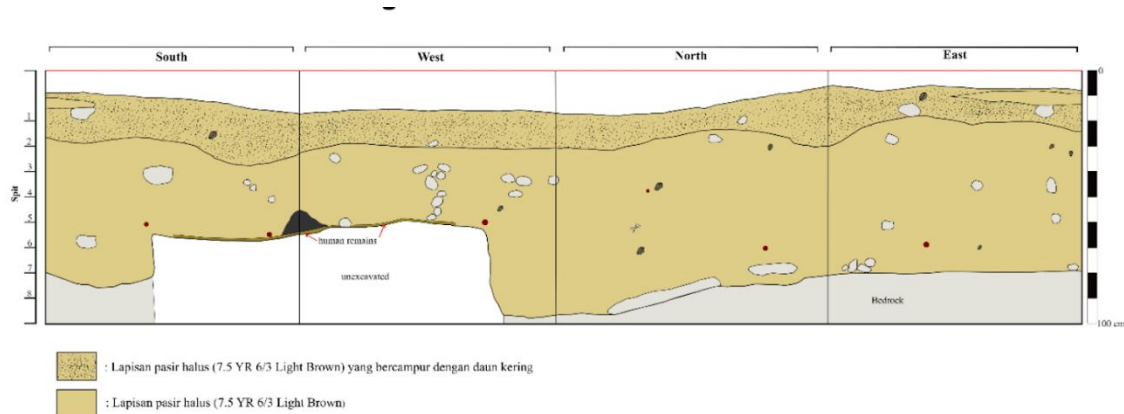
4.1 Identifikasi Kondisi Temuan Rangka CPL_R7

Temuan rangka manusia yang akan di konservasi terletak in situ di kotak ekskavasi U2T3. Rangka manusia berada pada lapisan kedua, di kedalaman 50-60 cm dari permukaan tanah. Satu konteks dengan rangka CPL-R7 ini ditemukan bongkah batu berukuran kecil sampai sedang, serpih, *maros point*, dan fragmen tulang hewan beragam ukuran dengan kondisi sebagian di antaranya dalam kondisi telah terbakar

. Pengamatan stratigrafi dari kotak ekskavasi menunjukkan bahwa kondisi tanah di situs ini hanya terdiri dari satu lapisan. Lapisan tersebut berupa tanah berpasir halus (lempung berpasir) yang sangat gembur dan berwarna coklat terang (7.5 YR 6/3 *light brown*). Pada bagian atas, tanah setebal antara 20 hingga 40 cm tercampur dengan daun-daun kering, yang diduga merupakan hasil gangguan dari aktivitas modern, mengingat ceruk ini sering digunakan oleh warga lokal sebagai tempat berteduh. Sementara itu, lapisan tanah bagian bawah, yang memiliki ketebalan sekitar 30 hingga 50 cm, tampak lebih steril, dengan warna tanah coklat terang (7.5 YR 6/3 *light brown*) namun butiran tanahnya lebih halus. Lapisan berpasir halus inilah berada dalam satu konteks dengan temuan rangka manusia yang ditemukan dan dibawahnya sudah ditemukan lapisan batuan dasar.

Kondisi lapisan tanah pada lokasi ini (gambar 2) menunjukkan kekompakan tanah yang cukup renggang dengan jenis tanah berpasir kasar pada kedalaman 10 cm, diikuti oleh lapisan pasir halus pada kedalaman 50 cm. Lapisan pasir halus yang bersentuhan langsung dengan temuan rangka memungkinkan terjadinya reruntuhan pada

dinding kotak ekskavasi dari berbagai sisi. Runtuhan ini berpotensi mengancam kestabilan rangka, khususnya pada bagian lokus anatominya yang lebih rentan terhadap dampak kerusakan. Selain itu, struktur dinding kotak dengan jenis tanah pasiran dangkal memungkinkan proses penimbunan kembali terjadi dengan cepat. Meskipun bagian dasar kotak ekskavasi memiliki struktur yang cukup kuat, terutama pada sisi selatan dan timur (gambar 4), hal ini belum cukup untuk menahan kemungkinan terjadinya laju reruntuhan yang lebih besar. Runtuhan yang terjadi dapat menyebabkan rangka tertimbun tanah dengan cepat dan menambah risiko kehancuran pada tulang rangka dalam jangka panjang. Oleh karena itu, hal ini menjadi dasar untuk dilakukan tindakan konservasi dalam bentuk preservasi dan penguatan untuk melindungi temuan rangka tersebut.



Gambar 4. Stratigrafi kotak U2T3 di Situs Cappa Lombo menunjukkan konsistensi dua lapisan budaya yang teridentifikasi. Keletakan rangka manusia ditemukan pada kedalaman antara 50 hingga 60 cm dari permukaan tanah, yang berasosiasi dengan sebaran oker di kedalaman tersebut (Digambar dan didigitasi oleh Muh. Hafdal H.).

Dari hasil identifikasi rangka dan kondisinya diperoleh data bahwa bagian bagian tulang yang ditemukan dari beberapa bagian. Pada bagian toraks, ditemukan tulang-tulang ossa costae dan sternum. Ossa costae kanan terdiri dari 9 tulang, dengan permukaan yang berartikulasi dengan sternum dalam kondisi utuh. Sementara itu, ossa costae kiri terdiri dari 7 tulang, namun bagian yang seharusnya berartikulasi dengan sternum tidak ditemukan. Sternum yang ditemukan adalah corpus sterni, dengan kondisi yang relatif utuh.

Pada ekstremitas atas, ditemukan tulang-tulang humerus, radius, dan ulna. Humerus kanan tampak utuh, meskipun bagian caput humeri masih tertutup oleh batu. Pada bagian humerus kiri mengalami kehilangan sepertiga bagian proksimalnya, ulna kanan terlihat hanya sepertiga bagian proksimalnya, namun caput ulnae masih relatif utuh. Pada radius dan ulna kiri, yang terlihat terutama adalah bagian corpus, sedangkan bagian caput ulnae dan caput tidak ditemukan. Sementara pada ekstremitas bawah, ditemukan tulang os coxae, femoris, tibia, fibula, dan tulang kaki. Coxae kanan yang ditemukan terdiri dari ilium dan terletak di bawah coxae kiri. Pada coxae kiri, yang tampak adalah crista iliaca, ischiadica major, dan acetabulum yang masih berartikulasi dengan caput femoris kiri. Femoris kanan ditemukan dalam kondisi sebagian utuh, dengan corpus femoris dan trochanter major yang terlihat jelas. Bagian distal femoris kanan terfragmentasi dan tertutup oleh bagian distal femoris kiri. Pada tibia dan fibula kanan, ditemukan kerusakan yang menyebabkan tulang-tulang tersebut terfragmentasi, dengan bagian epiphysis proksimal dan distal yang rusak. Sementara itu, tibia dan fibula kiri relatif utuh, meskipun sepertiga bagian latero-proksimal tibia kiri absen, dan bagian distal tertutup oleh kumpulan tulang kaki kiri. Pada fibula kiri, bagian epiphysis proksimal dan distal tidak ditemukan.



Gambar 5. Keletakan rangka CPL-R7 pada matriks kotak U2T3 (Fakhri, 2022) dan Gambar 3. Penampang layout kotak gali U2T3 dan temuan rangka individu CPL_R7 (Digambar oleh Fakhri, diolah dan didigitasi oleh Muh. Hafdal H.).

Dari hasil identifikasi yang dilakukan terhadap temuan rangka manusia, diketahui bahwa kondisi rangka sangat rapuh dan rentan terhadap kerusakan lebih lanjut. Berdasarkan *profiling* dan pengamatan temuan rangka manusia setelah ekskavasi diperoleh data bahwa secara garis besar warna pada tulang cenderung berwarna *grayish* dengan skala *lightgray* to *darkgray*. Sebagian besar tulang menunjukkan perubahan warna yang cenderung gelap, yang kemungkinan disebabkan oleh proses pelapukan atau pengaruh lingkungan sekitar. Selain itu, beberapa bagian rangka mengalami patahan dan pecahan yang cukup signifikan, mengindikasikan bahwa tulang tersebut telah mengalami tekanan mekanis atau kerusakan akibat proses penguburan yang panjang dengan tingkat kerapuhan yang tinggi. Selain itu, kondisi tanah yang berpasir halus dengan kandungan organik tertentu kemungkinan bisa berperan dalam mempercepat proses pelapukan tulang, mengingat sifat tanah yang mudah menggembur dan berubah seiring waktu. Selain kasus di atas degradasi pada tulang bisa disebabkan oleh faktor dari dalam seperti komposisi, umur biologis (Gordon dan Buikstra, 1981), faktor eksternal, antara lain pH tanah (Gordon dan Buikstra, 1981), suhu, metode penguburan, dan sejarah pasca pengendapan (Jans, M. M. E., et al., 2002). Kondisi ini menunjukkan bahwa temuan rangka tersebut sudah cukup terdegradasi, sehingga memerlukan perhatian khusus dalam proses konservasi dan pemeliharaan agar integritasnya dapat dipertahankan.

4.2 Tindakan Konservasi

Tindakan konservasi diawali dengan pembersihan dan persiapan awal, yang memiliki peranan sangat penting dalam menjaga kondisi asli temuan arkeologis. Pada tahap ini, tujuan utama adalah menghilangkan kotoran, dedaunan kering, tanah, serta kontaminan lainnya yang menempel pada permukaan tulang tanpa merusak struktur atau bentuk asli rangka. Proses pembersihan awal dilakukan dengan sangat hati-hati untuk memastikan bahwa material yang terkandung dalam lapisan-lapisan luar temuan—termasuk tanah atau material organik—dapat dipisahkan dengan lembut, tanpa menimbulkan kerusakan pada permukaan tulang atau komponen lainnya. Pada tahap persiapan awal ini, memetakan kondisi umum dan posisi temuan rangka dalam kotak ekskavasi, untuk memahami sejauh mana kerangka telah terpengaruh oleh kondisi tanah dan lingkungan sekitar. Pemetaan ini penting untuk menentukan langkah-langkah konservasi selanjutnya yang akan diambil, serta untuk mendokumentasikan kondisi temuan sebelum dilakukan konservasi lebih lanjut. Dari hasil pengamatan langsung dan perekaman data dalam bentuk dokumentasi, kondisi tulang berwarna *grayish* dengan tingkat kerapuhan yang tinggi khususnya pada bagian *ribs* dan *pelvis*, porositi pada bagian *tarsus* dan *phalanges* sementara patahan baik yang *vertical* dan *horisontal* ditemukan pada bagian femur.

Pada tahap selanjutnya, dilakukan pembersihan mekanis ringan dengan menggunakan kuas halus untuk menghilangkan tanah dan debris yang masih menempel pada permukaan tulang. Pembersihan mekanis ini dilakukan dengan sangat hati-hati agar kerusakan pada permukaan tulang yang rapuh dapat dihindari, potensi kerusakan fisik lainnya dapat diminimalkan serta kelatakan tulang pada konteksnya tidak berpindah atau terganggu. Penggunaan alat untuk pembersihan mekanis harus diperhatikan dengan tujuan untuk mengekspose permukaan asli tanpa merusak objek material (Abdel-Maksoud, et al., 2022). Penggunaan kuas halus sangat penting dalam tahap ini karena kotoran atau tanah yang menempel dapat dihilangkan tanpa merusak

struktur tulang atau permukaan yang sensitif. Sebelum dilakukan tindakan konservasi kuratif maka dilakukan pembersihan kimia karena masih ada beberapa bagian permukaan tulang yang belum bersih.

Pembersihan kimiawi yang dilakukan menggunakan pelarut yang tidak merusak material asli kerangka. Pembersihan ini penting untuk menghilangkan kontaminan yang lebih sulit dibersihkan secara mekanis, seperti sisa-sisa tanah, kotoran, mineral atau bahan lainnya yang mungkin masih menempel pada permukaan tulang. Pelarut yang digunakan dipilih dengan hati-hati untuk memastikan bahwa bahan kimia tersebut tidak akan merusak atau mengubah struktur kimia tulang yang sangat rapuh. Pada tahap ini, pelarut alkohol dan acetone digunakan dengan kontrol yang ketat dengan menggunakan kuas untuk aplikasi yang lebih tepat, dengan tujuan menjaga kestabilan dan integritas material asli yang ditemukan dan posisi tiap fragmen tulang baik yang utuh atau yang pecah dan yang pata tetap pada posisinya ketika temuan rangka tersingkap. Pembersihan awal menggunakan acetone karena dianggap lebih efektif dalam pembersihan permukaan dengan sifat organik. Namun, sangat perlu diperhatikan untuk menggunakannya secara berhati-hati, meskipun efektif dalam membersihkan, acetone dapat mengubah tekstur dan tampilan tulang jika tidak digunakan dengan hati-hati dan kemungkinan dapat menghilangkan beberapa komponen organik, yang dapat memengaruhi analisis atau restorasi selanjutnya (Mateo-Lomba, et al., 2022). Terakhir, dilakukan pembersihan dengan menggunakan alkohol dengan kadar yang lebih sedikit dengan acetone. Alkohol yang berbahan etanol sangat tepat digunakan untuk pembersihan permukaan karena tidak mengubah tampilan berminyak pada permukaan tulang secara signifikan. Selain itu jika ada penyiapan sampel yang akan digunakan untuk analisis lebih lanjut seperti studi *traceology* maka bahan ini tidak terlalu mempengaruhi material tulang yang dibersihkan (Mateo-Lomba, et al., 2022).

Pada tindakan konservasi kuratif, konsolidasi menggunakan Paraloid B-72. Paraloid B-72, kopolimer etil-metakrilat, digunakan secara luas dalam konservasi tulang arkeologi karena efektivitasnya sebagai bahan konsolidasi dan perekat. Aplikasinya khususnya relevan untuk sisa-sisa manusia yang rapuh dan spesimen arkeologi lainnya yang memerlukan integritas struktural selama penggalian dan analisis. Penggunaan paraloid B-72 untuk konsolidasi material tulang yang memiliki konsentrasi lebih dari 7% w/v dengan pelarut acetone. Penggunaan konsentrasi paraloid yang lebih tinggi digunakan dengan pertimbangan kualitas tulang yang rapuh, pecah dan retak serta kondisi tanah dengan butiran halus (lempung berpasir) sehingga dibutuhkan bahan konsolidasi yang kuat untuk bisa mempertahankan keberadaan tulang tersebut yang terletak secara insitu. Ada beberapa pendapat juga bahwa umumnya untuk mengaplikasikan Paraloid B-72 meliputi penyikatan, penetesan, atau perendaman dalam pelarut seperti acetone sebaiknya menggunakan konsentrasi sekitar 5% (w/v) (Díaz-Cortés, et al., 2022). Inovasi terkini telah diperkenalkan juga penggunaan Paraloid B-72 dalam lembaran perekat, yang dapat ditempatkan di atas retakan pada tulang untuk memperkuatnya sekaligus meminimalkan resiko invasif dan kontamina (Noguera, J, 2023).

Pengaplikasian larutan Paraloid B-72 dilakukan dengan hati-hati, menggunakan kuas yang dikendalikan dengan baik untuk memastikan bahwa bahan konsolidasi hanya diterapkan pada permukaan tulang yang membutuhkan penguatan. Tujuan utama dari konsolidasi ini adalah untuk menguatkan tulang yang rapuh dan meningkatkan kestabilan temuan agar dapat bertahan dalam jangka panjang. Penggunaan Paraloid B-72 sangat efektif dalam memperkuat tulang yang telah terdegradasi tanpa mengubah penampilan atau tekstur permukaan asli, serta memberikan perlindungan tambahan terhadap kerusakan lebih lanjut akibat paparan lingkungan yang tidak stabil. Dengan tahap akhir ini, diharapkan temuan kerangka manusia dapat bertahan lebih lama dan tetap stabil untuk keperluan penelitian dan pelestarian warisan budaya.

Dari hasil tindakan konservasi kuratif, kondisi warna tulang mengalami perubahan dari warna grayish menjadi berwarna *light brown to dark brown*. Warna *light brown* pada bagian bagian yang mengalami kerapuhan sementara *dark brown* dihasilkan dari tulang yang mengalami patahan dan pada bagian tulang yang mengalami porositi. Permukaan tulang setelah dilakukan intervensi cenderung stabil dan tidak tampak lagi tekstur rapuh dan porositi.

4.3 Evaluasi Konservasi

Evaluasi konservasi pada temuan rangka manusia menunjukkan bahwa upaya konservasi kuratif dan strategi preservasi yang diterapkan telah memberikan dampak signifikan terhadap pelestarian warisan arkeologi tersebut. Dari hasil observasi yang dilakukan memperlihatkan peningkatan kekuatan kerangka dan lokasi temuannya cenderung stabil dan memperkuat keberadaan rangka. Penggunaan paraloid B-72 dikenal karena kekuatan adhesi, ketahanan mekanis, dan ketahanan cahayanya yang sangat baik, sehingga menjadikannya pilihan yang disukai di kalangan konservator. Kemampuannya untuk membentuk ikatan yang kuat tanpa menjadi terlalu rapuh sangat penting untuk konservasi struktur tulang yang rapuh (Díaz-Cortés et.al., 2022). Salah satu

keunggulan utama Paraloid B-72 adalah kemampuannya untuk menembus material. Berbagai studi telah membuktikan bahwa bahan ini dapat dengan efektif meresap ke dalam struktur tulang yang berpori, memperkuat integritasnya, dan mengurangi kemungkinan terjadinya kontaminasi (Noguera, J, 2023).). Selain itu, sifat resin yang dapat dibalik (reversibel) memberikan keuntungan besar bagi konservator, karena memungkinkan mereka untuk menghapus atau menyesuaikan perawatan yang telah dilakukan jika diperlukan. Hal ini sangat penting dalam bidang konservasi, di mana pelestarian material asli menjadi prioritas utama (Abdel-Maksoud, et al., 2022).

Lebih lanjut, paraloid B-72 telah terbukti efektif diterapkan pada berbagai temuan arkeologi, termasuk sisa-sisa manusia dan fauna dari situs yang berusia jutaan tahun. Contohnya, resin ini telah digunakan pada tulang spesimen *Australopithecus africanus* dan *Homo antecessor* (Díaz-Cortés et.al., 2022). Kompatibilitas resin dengan bahan arkeologis telah dikonfirmasi melalui berbagai penelitian, yang menunjukkan kemampuannya dalam memperbaiki sifat mekanis tulang yang rapuh, yang telah terpengaruh oleh tekanan lingkungan selama proses ekskavasi. Dari proses pengaplikasian konsolidan Paraloid B-72 menjadi material yang sangat penting dalam konservasi tulang arkeologi. Perpaduan kekuatan, fleksibilitas, dan reversibilitasnya yang khas menjadikannya alat yang sangat diperlukan bagi para konservator yang ingin mengawetkan sisa-sisa kerangka yang rapuh sekaligus memastikan integritasnya untuk penelitian dan analisis di masa mendatang baik yang tersimpan secara in situ maupun untuk disimpan di *storage* laboratorium atau di museum. Walaupun beberapa penelitian menjelaskan bahwa penggunaan konsolidasi Paraloid B72 dapat memengaruhi komposisi isotop stabil kolagen dan hidroksiapatit dalam tulang, yang sangat penting untuk penanggalan akurat dan studi paleogenetik (France, et.al., 2015, Díaz-Cortés, et. al., 2023). Efeknya pada pemulihan DNA endogen dan komponen molekuler lain yang penting untuk teknik penanggalan seperti penanggalan radiokarbon. Meskipun begitu, studi yang sedang berlangsung mengenai penggunaannya terus memperkuat reputasinya sebagai salah satu konsolidator yang paling dapat diandalkan untuk konservasi tulang arkeologi yang masih dan terus digunakan hingga saat ini.

Berdasarkan pengamatan terhadap kotak ekskavasi U2T3 yang dibuka kembali di tahun 2024 dengan perlakuan pernah dilakukan intervensi berupa konservasi kuratif dan kotak U2T2 yang digali pada tahun 2024 sebagian bagian dari sisa kerangka pada kotak U2T3 dapat memberikan informasi bahwa kerangka manusia dan kondisi tanah yang telah menjalani proses konservasi pada kotak U2T3 menunjukkan beberapa efek kurang baik yang timbul akibat konsolidasi menggunakan Paraloid B-72. Perubahan warna tulang sebelum dilakukan tindakan konservasi berwarna *grayish* dengan permukaan tulang yang memiliki porositi dan kasar (gambar 6) kemudian setelah di konservasi menjadi warna coklat tua senada dengan warna tanah lokus dari kerangka tersebut (gambar 7) dan setelah di evaluasi pasca konservasi dengan rentang waktu 3 tahun penutupan kotak ekskavasi, tampilan warna tulang menjadi kemerah merahan dan megkilap sementara kondisi tanah mengalami pemadatan namun warna tanah masih memiliki warna yang sama pada saat dikonservasi



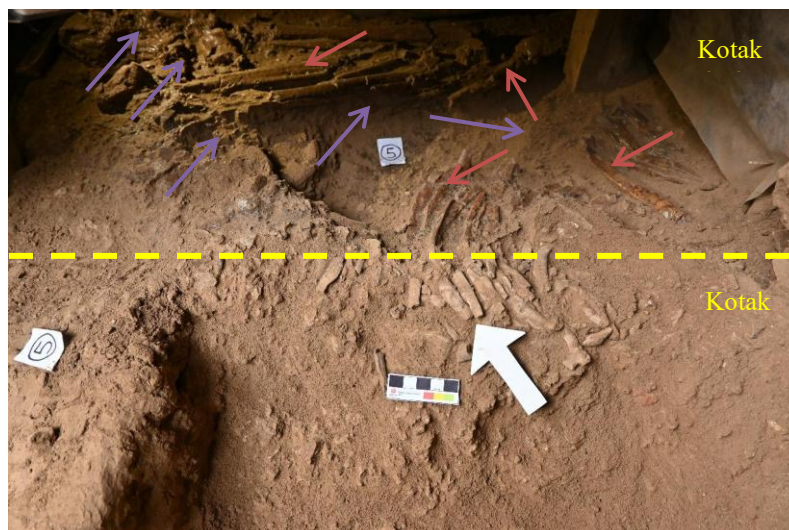
Gambar 6. Kondisi temuan rangka CPL-R7 pada matriks kotak U2T3 pada saat dilakukan pembersihan kering (Dok. Erwin Saraka, 2022)



Gambar 7. Kondisi temuan rangka CPL-R7 pada matriks kotak U2T3 pada saat dilakukan pembersihan kering (Dok. Fakhri, 2022)

Meskipun Paraloid B-72 terbukti efektif dalam memperkuat dan melindungi tulang yang rapuh, terutama dalam mengatasi kerusakan yang disebabkan oleh pengaruh lingkungan dan juga proses dekomposisi, penggunaan bahan ini menimbulkan beberapa dampak yang perlu diperhatikan. Salah satu efek yang paling mencolok dari gambar 8 adalah perubahan warna yang signifikan pada permukaan tulang, yang menyebabkan tulang menjadi lebih mengkilap dan kemerah merahan jika dibandingkan dengan warna tulang pada saat dilakukan tindakan konservasi

pada tahun 2022. Selain itu juga mengubah penampilan alami tulang yang awalnya tidak mengkilap pasca dikonservasi.



Keterangan

Tanda panah oranye	Kondisi dan warna tulang yang telah di konservasi cenderung mengkilap dan berwarna kemerahan
Tanda panah biru	Kondisi tanah mengalami pemadatan dan perubahan warna tanah menjadi coklat tua pada lokus temuan rangka manusia yang telah di konservasi
Tanda panah hijau	Kondisi tanah lempung berpasir dan warna tanah yang tidak dikonservasi

Gambar 8. Kondisi rangka CPL-R7 pada matriks kotak U2T3 yang telah dikonservasi pada tahun 2022 dan kondisi sisa tulang pada di Kotak U2T2, sisa sisa temuan rangka yang ekskavasi (extended excavation) pada tahun 2024 (Dok. Erwin Saraka, 2024)

Selain itu, pemadatan tanah di sekitar lokasi penemuan (in-situ) juga terjadi, yang dapat berisiko mengganggu stabilitas konteks arkeologis. Hal ini berpotensi mempersulit interpretasi lebih lanjut mengenai hubungan antara temuan tersebut dengan lapisan stratigrafi di sekitarnya, serta dapat mempengaruhi proses analisis dan rekonstruksi yang akurat tentang kehidupan pada masa itu. Meskipun Paraloid B-72 memberikan keuntungan dalam hal perlindungan fisik, efek samping yang ditimbulkannya perlu dipertimbangkan secara cermat, terutama dalam kaitannya dengan integritas dan konteks arkeologis temuan tersebut. Oleh karena itu, penting untuk terus mengevaluasi dan menyesuaikan teknik konservasi yang digunakan agar tidak menimbulkan dampak negatif bagi integritas temuan.

Adanya perubahan warna tulang dan juga tingkat pemadatan tulang yang signifikan kemungkinan disebabkan dengan tingginya penggunaan persentase dari konsolidan paraloid paraloid B-72 konsentrasi 7% w/v dengan pelarut aseton ($(\text{CH}_3)_2\text{CO}$). Penggunaan yang cukup tinggi tersebut dilakukan dengan pertimbangan pada saat asesmen awal bahwa kondisi tulang yang sangat rapuh dan juga kondisi tanah lempung berpasir yang memungkinkan dapat menyebabkan percepatan pelapukan tulang serta perpindahan konteks tulang pada lokusnya. Beberapa ahli menyarankan penggunaan konsolidan paraloid B72 dengan konsentrasi di bawah 5% w/v karena dengan persentase tersebut dianggap dapat menembus dengan baik ke dalam substrat, memperkuat struktur internal tulang tanpa menambahkan viskositas yang signifikan yang sangat berguna untuk bahan yang rapuh atau berpori di mana penetrasi yang dalam diperlukan untuk menstabilkan struktur (Noguera, J, 2023, Díaz-Cortés, et. al., 2022).

Untuk mengawetkan kerangka manusia arkeologis menggunakan Paraloid B-72 sebagai zat konsolidan, kisaran konsentrasi yang umum sering kali berkisar sekitar 2-5% berat per volume (wt/vol) dalam pelarut seperti aseton, konsentrasi ini membantu menstabilkan dan mengonsolidasikan struktur kerangka tanpa menyebabkan perubahan atau degradasi tulang yang signifikan (www.zoicpalaeotech.co.uk), Technical Data Sheet: PARALOID B72 P422-9000(www.preservationequipment.com). Penting untuk diperhatikan bahwa konsentrasi yang digunakan dapat bervariasi tergantung pada kondisi kerangka dan hasil yang diinginkan. Konsentrasi yang lebih rendah (sekitar 2%) biasanya lebih disarankan pada tahap awal untuk mengurangi risiko gangguan pada komposisi alami tulang, sementara konsentrasi yang lebih tinggi (hingga 5%) dapat diterapkan untuk tujuan stabilisasi yang lebih intensif. Selain itu, sebaiknya dilakukan pengujian awal pada bagian spesimen yang lebih kecil untuk menilai

**Erwin Mansyur Ugu Saraka, Fakhri, Delta Bayu Murti, Yadi Mulyadi,
Nurul Adliyah Purnama Sari, dan Yulastri Yulia**

efektivitas dan kompatibilitas bahan konsolidasi Untuk kebutuhan konservasi sisa kerangka manusia, tulang hewan, dan fosil perlu dilakukan percobaan yang berkesinambungan untuk mendapatkan data yang akurat sebelum tindakan intervensi pada material arkeologi dilakukan. Untuk rencana jangka panjang penggunaan bahan konsolidasi paraloid B72 untuk konservasi kerangka manusia bisa dilakukan pengujian terhadap beberapa bahan pelarut. Bukan hanya yang sering digunakan yakni aseton (Chapman, Sasha, and David Mason, 2003), tetapi juga ethanol, toluene, xylene dan ethyl acetate.

4.4 Upaya Preservasi

Melakukan preservasi yang optimal untuk memastikan perlindungan jangka panjang terhadap temuan rangka manusia secara in-situ. Pembuatan rangka untuk menciptakan ruang ideal bagi penyimpanan rangka dalam posisi yang stabil serta perlindungan yang tepat untuk menampung dan menopang tanah pada kotak ekskavasi temuan rangka. Hasil evaluasi tindakan upaya preventif temuan rangka pada Situs Cappa Lombo khususnya kerangka CPL_R7 yang tersingkap di kotak ekskavasi U2T3 pada tahun 2022 memperlihatkan hasil yang memuaskan. Hal itu dapat dilihat dari keamanan dan dapat dimaksimalkan upaya perlindungannya dari faktor faktor yang dapat mengancam kelestarian tinggalan arkeologis tersebut. Teknis preservasinya dilakukan dengan melapisi bagian pinggir kotak dan dasar kotak ekskavasi dengan plastik *oriented polypropylene* (OPP) untuk mencegah percampuran tanah dan reruntuhan dinding kotak. Selanjutnya dipasang kerangka kayu berbentuk persegi kemudian ditutup dengan papada selanjutnya dilapisi dengan *polypropylene* karung plastik putih (doff) sebelum ditimbun tanah untuk memastikan perlindungan jangka panjang bagi temuan tersebut.



Gambar 9. Teknis preservasi temuan rangka manusia CPL_R7 di kotak U2T3 dengan kerangka berbentuk persegi (Dok. Fakhri, 2022)

Hasil evaluasi terhadap implementasi upaya preservasi pada kotak U2T3 yang dilakukan pada tahun 2022 menunjukkan keberhasilan yang signifikan. Oleh karena itu, pada penyingkapan kotak ekskavasi U2T2, yang bertujuan untuk menampilkan keseluruhan bentuk kerangka, diterapkan tindakan teknis preservasi yang serupa. Setelah dilakukan asesmen dan pencatatan data pada rangka, langkah selanjutnya adalah membuat kerangka kayu berbentuk siku-siku dengan teknik yang sama seperti pada kotak U2T3, sebelum akhirnya rangka tersebut ditimbun kembali dengan tanah. Tindakan preservasi ini terbukti cukup efektif dalam melindungi kerangka dari berbagai faktor yang dapat mengancam kelestariannya. Selain itu, tindakan preventif ini juga bertujuan untuk menjaga kondisi tinggalan arkeologi sebelum dilakukan penelitian lebih lanjut atau pengelolaan situs untuk keperluan pemanfaatan. Keberadaan situs ini sangat penting, mengingat situs Cappa Lombo telah ditetapkan sebagai cagar budaya tingkat provinsi di Sulawesi Selatan, sehingga memerlukan upaya lanjutan dalam pengelolaannya. Upaya preservasi yang dilakukan ini dapat menjadi referensi yang berharga untuk tindakan teknis preservasi pada temuan kerangka in-situ di situs-situs lain yang memiliki karakteristik serupa dengan Situs Cappa Lombo di Sulawesi Selatan.



Gambar 10. Tindak lanjut upaya preservasi dari arah kotak U2T2 dengan teknis yang sama pada kotak U2T3 namun dengan kerangka kayu berbentuk segitiga siku-siku (Fakhri, 2024)

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, penggunaan Paraloid B-72 dengan konsentrasi lebih dari 7% w/v terbukti efektif dalam memperkuat dan melindungi tulang yang rapuh, meskipun menimbulkan efek samping berupa perubahan warna yang signifikan, kilap pada permukaan tulang, dan pemadatan tanah di sekitar lokasi temuan (in-situ). Upaya preservasi melalui pembuatan rangka kayu berbentuk persegi dan segitiga siku-siku, serta pelapisan plastik berbahan oriented polypropylene (OPP) dan karung plastik polypropylene putih (doff), memberikan ruang yang ideal untuk perlindungan jangka panjang terhadap temuan tersebut. Sebagai saran, untuk tindakan teknis konservasi perlu dilakukan pengujian- pengujian yang berkelanjutan untuk memperoleh data akurat sehingga tindakan konservasi kuratif yang dilakukan dapat mengurangi risiko negatif yang kemungkinan akan muncul. Untuk penelitian yang serupa perlu dilakukan perekaman data yang lengkap sebelum di konservasi dan pada saat di evaluasi seperti pengukuran kadar air, tingkat kekerasan material, pengukuran suhu, perubahan warna tanah, tingkat kepadatan tanah, pemotretan, fotogrametri dan deskripsi yang lengkap agar hasil penelitiannya dapat menampilkan data yang lebih akurat dalam bentuk statistik sehingga dapat memberikan penjelasan yang lebih komprehensif.

Ucapan Terima Kasih

Kami mengucapkan terima kasih kepada lembaga pendanaan riset Kegiatan Riset Rumah Program dengan Nomor B-3416/iii.8/Hk.01/9/2022, Organisasi Riset Arkeologi, Bahasa, Dan Sastra Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) untuk mendanai penelitian di tahun 2022. Kepada The Anthony F. Granucci Fund for Archaeological Research in Indonesia and Timor-Leste yang memberikan pendanaan dengan tahun pelaksanaan 2024. Selain itu, kami mengucapkan terima kasih banyak kepada semua teman teman yang mendukung keterlaksanaan penelitian ini Pusat Kolaborasi Riset Arkeologi Sulawesi, adik adik dari departemen arkeologi Universitas Hasanuddin dan kolega dari Pusat Kajian Arkeologi untuk Masyarakat (PKuM).

Pernyataan Konflik Kepentingan

Dalam penulisan artikel ini tidak ada konflik kepentingan.

Daftar Pustaka

- Abdel-Maksoud, G., Awad, H., & Rashed, U. M. (2022). Different cleaning techniques for removal of iron stain from archaeological bone artifacts: A review. *Egyptian Journal of Chemistry*, 65(5), 69-83.
- Ariffin, Noor Fazamimah Mohd. "Willingness-to-pay value of cultural heritage and its management for sustainable conservation of George town, world heritage site." PhD diss., University of Malaya (Malaysia), 2015.
- Beaubien, H. F. (2019). Field conservation of skeletal remains: Stabilization treatment techniques and implications for future analysis. *Advances in Archaeological Practice*, 7(1), 23-29.
- Bezerra, I., & Silva, H. P. (2009). Tirando do pó: uma introdução metodológica sobre o tratamento de remanescentes ósseos humanos de origem arqueológica. *Revista de Arqueologia*, 22(2), 121-135.
- Buikstra, Jane E., and Claire C. Gordon. "The study and restudy of human skeletal series: the importance of long-term curation." *Annals of the New York Academy of Sciences* 376, no. 1 (1981): 449-465.
- Cortés, A. D., López-Polín, L., Valle, H., & Cáceres, I. (2021). La naturaleza del hueso y su fosilización. La Tafonomía para el estudio del estado de conservación del hueso arqueológico y paleontológico. *Ge-conservación*, (20), 51-63.
- Cronyn, Janet Margaret. *Elements of archaeological conservation*. Routledge, 2003.
- Chapman, Sasha, and David Mason. "Literature review: the use of Paraloid B-72 as a surface consolidant for stained glass." *Journal of the American Institute for Conservation* 42, no. 2 (2003): 381-392.
- Díaz-Cortés, Andrea, Gabriela Graziani, Marco Boi, Lucia López-Polín, and Enrico Sassoni. "Conservation of archaeological bones: Assessment of innovative phosphate consolidants in comparison with Paraloid B72." *Nanomaterials* 12, no. 18 (2022): 3163.
- Díaz-Cortés, Andrea, Jorge Otero, and Lucía López-Polín. "Multianalytical Approach for the Preservation of Pleistocene Bones: Evaluation of Potential Consolidation Products and Application Methods." *Microscopy and Microanalysis* 29, no. 1 (2023): 27-42.
- Fakhri, Restu Budi Sulistiyo, Delta Bayu Murti, Suryatman, A. Muh Saiful, Erwin Mansyur Ugu Saraka. *Laporan Penelitian*. Arkeologi Karakteristik Penguburan Prasejarah Masa Holosen Tengah Berdasarkan Temuan Rangka Manusia Di Kawasan Karst Bontocani, Sulawesi Selatan. Tahun 2022
- Fakhri, Hakim, B., Suryatman, Saiful, A. M., Murti, D. B., Mulyadi, Y., . . . Yusuf, M. (2021). Tinjauan Atas Manusia dan Budaya Kala Plestosen Akhir Hingga Awal Holosen di Dataran Tinggi Kawasan Karst Bontocani Sulawesi Selatan. Makassar: Balai Arkeologi Provinsi Sulawesi Selatan.
- France, Christine AM, Jennifer A. Giaccai, and Charlotte R. Doney. "The effects of Paraloid B-72 and Butvar B-98 treatment and organic solvent removal on $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$, and $\delta^{18}\text{O}$ values of collagen and hydroxyapatite in a modern bone." *American Journal of Physical Anthropology* 157, no. 2 (2015): 330-338.
- Horie, C. V. (2013). *Materials for Conservation: Organic Consolidants, Adhesives, and Coatings*. Butterworth-Heinemann.
- Jans, M. M. E., H. Kars, C. M. Nielsen-Marsh, C. I. Smith, A. G. Nord, P. Arthur, and N. Earl. "In situ preservation of archaeological bone: a histological study within a multidisciplinary approach." *Archaeometry* 44, no. 3 (2002): 343-352.
- MacLeod, I. D., & Boccia Paterakis, A. (2023). Integration of laboratory and field measurements on soil and bronze artifacts: facilitating conservation treatment and management of archaeological collections. *Journal of the American Institute for Conservation*, 62(2), 81-100.
- Mateo-Lomba, Paula, Juan Luis Fernández-Marchena, Irene Cazalla, Noé Valtierra, Isabel Cáceres, and Andreu Ollé. "An assessment of bone tool cleaning procedures in preparation for traceological analysis." *Archaeological and Anthropological Sciences* 14, no. 5 (2022): 95.

- Nethaway, Eleanor. "Conservation of a Roman Skeleton." In *Studies in Archaeological Conservation*, pp. 245-253. Routledge, 2020.
- Noguera, J. "Innovations in the Use of Paraloid B-72® As a Surface Adhesive Method for Conservation of Bones and Fossils." *Journal of Anthropological and Archaeological Sciences* 7 (2023): 269.
- Ravdanbat, E., & Narmandakh, N. (2022). Conservation of archaeological objects and challenges. *Studia Archaeologica*, 165-182.
- Samir Abo El-Hassan, Mostafa, Mohamed Marouf, and Wael Sabry Mohamed. "Evaluation of Archaeological Bone Physical and Mechanical Properties after Treatment with Nano Paraloid." *International Journal of Advanced Scientific Research and Innovation* 5, no. 2 (2022): 11-27.
- Schiffer, Michael B. "Formation processes of the archaeological record." (1987).
- Surbakti, Karyamantha. "Pemanfaatan Tinggalan Kolonial di Pulau Neira, Kepulauan Banda, Kabupaten Maluku tengah sebagai upaya preservasi cagar budaya." In *Forum Arkeologi*, vol. 34, no. 1, pp. 51-66. 2021.
- Technical Data Sheet: PARALOID B72 P422-9000 <https://www.preservationequipment.com/>. diakses 6 November 2024 pukul 20.00 Wita.
- Paraloid™ B-72 and its uses in Fossil Preparation. <https://www.zoicpalaeotech.co.uk/pages/paraloid-b72-in-fossil-preparation>. diakses 6 November 2024 pukul 20.00 Wita.
- Vadrucci, M. (2025). Sustainable Cultural Heritage Conservation: A Challenge and an Opportunity for the Future. *Sustainability*, 17(2), 584.

Biografi Penulis

Erwin Mansyur Ugu Saraka, yang akrab dipanggil Erwin, lahir di Soppeng pada generasi 90-an sebagai bagian dari generasi milenial akhir. Saat ini, ia bekerja sebagai dosen di Departemen Arkeologi Universitas Hasanuddin dan juga menjabat sebagai kurator di Museum Karaeng Pattingalloang dan Museum Kota Makassar, serta editor di Jurnal Walannae. Ketertarikan mendalamnya pada bidang arkeologi mengubah arah pendidikannya dari teknik elektro ke arkeologi di Universitas Hasanuddin. Erwin melanjutkan studi magisternya di Universidade de Évora, Portugal, dalam bidang Arkeologi dan Lingkungan (Material Science of Archaeology), dan meraih Diploma Kimia di Aristotle University of Thessaloniki. Pendidikan terakhirnya di Sapienza Università di Roma, Italia, mencakup Bioarkeologi dan Paleoantropologi, serta spesialisasi dalam Science and Technology for the Conservation of Cultural Heritage. Hingga saat ini, publikasinya fokus pada konservasi warisan budaya, dengan beberapa karya masih dalam proses di bidang ilmu arkeologi. Riset, pelatihan, dan pendanaan yang diperolehnya masih terfokus pada prasejarah, terutama kajian bioarkeologi, lingkungan, dan konservasi

Fakhri lahir di Ujung Pandang pada 1981, saat ini berprofesi sebagai peneliti ahli muda di Kelompok Riset P.R.I.M.A.T.E. (Paleoanthropological Research in Indonesia: Migration, Adaptation, Transformation, and Evolution) di Pusat Riset Arkeometri, Badan Riset dan Inovasi Nasional. Menempuh pendidikan S1 dan S2 di Jurusan Arkeologi, Fakultas Ilmu Budaya, Universitas Hasanuddin, dan saat ini sementara menempuh pendidikan program doktoral S3 Arkeologi di Universitas Indonesia. Saat ini memfokuskan penelitian pada sisa rangka manusia dalam konteks arkeologi, meliputi kajian Arkeologi Kematian: Funerary Archaeology, Archaeothanatology dan Bioarchaeology. Pengalaman penelitian 2 tahun terakhir antara lain penelitian Sebaran dan Jejak Hunian Manusia Prasejarah Wallacea di Kawasan Karst Simbang, Maros, Sulawesi Selatan, dan penelitian survei-ekskavasi di wilayah dataran tinggi kawasan karst Bontocani, Kabupaten Bone. Selama menjadi peneliti, telah menerbitkan beberapa artikel nasional maupun internasional, serta mengikuti pelatihan dalam dan luar negeri, antara lain: Pelatihan analisis arkeofauna di Australian National University, Australia, 2012, dan Pelatihan Workshop Analisis Bioarkeologi: Advanced Techniques in Southeast Asian Bioarchaeology Workshop, Bangkok, Thailand, 2023.

Delta Bayu Murti lahir di Surabaya pada 20 November 1980. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Program Studi Antropologi Universitas Airlangga dan S2 Arkeologi pada Universitas Gadjah Mada. Saat ini bekerja sebagai dosen pada Departemen Antropologi, Fakultas Ilmu Sosial dan Politik, Universitas Airlangga Surabaya. Dalam 5 tahun terakhir, aktif dalam berbagai kegiatan penelitian, diantaranya Good Death and Bad Death: Mortuary

**Erwin Mansyur Ugu Saraka, Fakhri, Delta Bayu Murti, Yadi Mulyadi,
Nurul Adliyah Purnama Sari, dan Yulastri Yulia**

Practices on Mengeruda Village, Ngada, East Nusa Tenggara dan Tinjauan Terhadap Fase Hunian dan Lapisan Budaya dari Pleistosen Akhir Hingga Holosen di Dataran Tinggi Kawasan Karst Bontocani, Sulawesi Selatan pada 2021, *Austronesia in Western Indonesia (Desk Study)* (Austronesia di Indonesia Bagian Barat: Kajian Austronesia Prasejarah di Wilayah Budaya Gayo, Aceh Tengah) dan *Historic human remains analysis from Tunjungrejo Site, Lumajang, East Java* tahun 2020, terakhir *Paleoanthropology, Paleontology, and Archaeological Research of Gua Tenggar, Tanggunggunung, Tulungagung, East Java* tahun 2019. Selain itu, telah menerbitkan beberapa publikasi, diantaranya *Ancient genomes from the last three millennia support multiple human dispersals into Wallacea* pada *Nature Ecology & Evolution* tahun 2022 dan *Positive Identification on the Skull from Colonial Era in Balai Pemuda, Surabaya* dalam *Jurnal Kapata Arkeologi* tahun 2021.

Muh Hafdal, lahir di Desa Congko, sebuah kampung kecil di pinggiran kota Watampone, Kabupaten Bone pada 9 Juli 2000. Ia mulai tertarik dengan ilmu-ilmu purbakala saat duduk di SMA 4 Watampone, dengan kerap kali mengikuti kegiatan kesejarahan walaupun ia dari peminatan MIPA. Hingga akhirnya 2018, ia memilih melanjutkan pendidikan di Prodi Arkeologi Unhas. Selama kuliah Hafdal sangat tertarik dengan prasejarah dengan fokus temuan tulang. Setelah menyelesaikan studi S1 nya pada 2022, ia sering terlibat kegiatan penelitian prasejarah di Kawasan Karst Bontocani dan kegiatan pelestarian di BPK wilayah 19. 2024 ia memutuskan melanjutkan studinya di Program Magister Arkeologi UGM.

Yadi Mulyadi, Lahir di Kota Bandung 2 tahun sebelum Gunung Galunggung meletus. Setahun setelah krismon melanjutkan studi di Jurusan Arkeologi Universitas Hasanuddin, dan menyandang gelar Sarjana Arkeologi pada tahun 2004, kemudian melanjutkan studi Magister Arkeologi di Universitas Gadjah Mada, lalu di tahun 2021 berhasil mempertahankan disertasinya untuk gelar Doktor Arkeologi di Universitas Indonesia. Sejak 2006 sampai sekarang menjadi menjadi dosen di Departemen Arkeologi Universitas Hasanuddin. Penelitian dan publikasi terkait dengan kajian gambar cadas prasejarah, arkeologi Islam, kemaritiman, cagar budaya, dan museum telah terbit di jurnal nasional maupun internasional. Sejak 2015 menjadi tenaga ahli cagar budaya dan menjadi tenaga ahli dalam kajian koleksi museum di Sulawesi Selatan. Selain itu menjadi peneliti di Pusat Riset Kolaborasi Arkeologi Sulawesi sejak 2022.

Nurul Adliyah Purnamasari, Lahir di Ujung Pandang, 14 Februari 1995. Saat ini bekerja sebagai Analis Hasil Penelitian pada Pusat Riset Arkeologi Prasejarah dan Sejarah, Badan Riset dan Inovasi Nasional. Menyelesaikan pendidikan sarjana pada tahun 2017 dan magister pada tahun 2021 dari program studi Arkeologi, Fakultas Ilmu Budaya, Universitas Hasanuddin. Beberapa publikasi terakhir yang telah diterbitkan diantaranya: “Identitas Kerajaan Gowa Berdasarkan Koleksi Museum Balla Lompoa Sungguminasa di Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan” yang terbit pada *Jurnal Pendidikan dan Kebudayaan* Tahun 2022, “Refleksi Identitas Budaya Makassar dari Penggunaan Nisan Arca di Kompleks Makam Islam di Kawasan Bantaeng, Jenepono dan Maros” pada *Jurnal Nadi Widyatama* Tahun 2022, “Menelaah Jejak Keberadaan Tokoh Syekh Jamaluddin Al-Akbar Al-Husain di Tosora-Wajo” yang terbit pada *Jurnal Berkala Arkeologi* tahun 2023, terakhir “Penggunaan Nisan Arca: Wujud Pengaruh Budaya Pra-Islam pada Kompleks Makam Islam di Wilayah Etnis Bugis, Sulawesi Selatan” pada *Jurnal Amerta* tahun 2024

Yulastri Yulia, lahir di Tanrutedong, 3 Desember 1997. Menyelesaikan pendidikan S1 pada tahun 2021 dari Jurusan Arkeologi, Fakultas Ilmu Budaya, Universitas Hasanuddin. Dalam 5 tahun terakhir terlibat secara aktif sebagai anggota tim penelitian, khususnya pada bidang prasejarah Sulawesi Selatan. Telah menerbitkan beberapa karya tulis ilmiah, diantaranya “Pemanfaatan Fauna Vertebrata dan Kondisi Lingkungan Masa Okupasi 8000-55 BP di Situs Leang Jarie, Maros, Sulawesi Selatan” dalam *Jurnal Amerta*, Volume 39 Nomor 1, 2021 dan “Teknologi Artefak Tulang Toala dan Pendukung Budaya Neolitik di Mallawa, Maros” dalam *Jurnal Berkala Arkeologi*, Volume. 43, Nomor 1, 2023.

