MULTIKULTURA

VOL.2, NO.3 JULI - SEPTEMBER 2023

LINGKUNGAN PENGENDAPAN PERAHU KUNO DI SITUS PUNJULHARJO, REMBANG, JAWA TENGAH: SEBUAH PENDEKATAN GEOARKEOLOGI

Andri Purnomo[1], Carlo Donadio[2], Agni Mochtar[3'4]& Chiara Zazzaro[3]

[1]Laboratorium Arkeologi, Departemen Arkeologi,
Fakultas Ilmu Pengetahuan Budaya, Universitas Indonesia
[2]*Dipartimento Di Scienza Della Terra, Dell'Ambiente E Risorse.*
Università di Napoli Federico II. Napoli, Italy
[3]*Dipartimento Asia Africa Mediteraneo,*
Università di Napoli L'Orientale.Napoli - Italy
[4]Badan Riset dan Inovasi Nasional. Indonesia

ABSTRAK

Studi geoarkeologi adalah pendekatan interdisiplin dalam penelitian arkeologi yang memungkinkan kita memahami bagaimana proses alam dapat mempengaruhi sebuah situs arkeologi dan bagaimana pula kita dapat merekonstruksi konteks lingkungan kuno dari sebuah situs arkeologi. Pendekatan ini sangat efektif dalam bidang arkeologi maritim, mengingat wilayah pesisir terus mengalami perubahan lingkungan baik karena faktor alam maupun antropis. Kepulauan Indonesia merupakan wilayah yang menarik untuk menerapkan pendekatan geoarkeologi dalam arkeologi maritim mengingat banyaknya sisa-sisa perahu yang ditemukan di daratan dan perubahan geomorfologi berkelanjutan terkait aliran air yang terjadi selama Kala *Holosen*. Artikel ini menyajikan hasil penerapan pendekatan tersebut di atas pada kasus perahu Punjulharjo yang memiliki pertanggalan dari abad ke-7 M dan di temukan pertama kali dalam konteks sebuah situs berupa daratan

KATA KUNCI: *Geoarchaeology, costal geomorphology, palaeoenvironment, maritime archaeology, shipwreck*

PENDAHULUAN

Kehadiran temuan sisa-sisa perahu kuno di Indonesia sangat berkaitan dengan sejarah perubahan geomorfologi yang telah berlangsung sebelumnya di sebagian wilayah Asia Tenggara. Salah satu perubahan yang paling signifikan adalah adanya perubahan permukaan air laut yang terjadi pada batas kala Pleistosen-Holosen, setelah fenomena glasiasi yang terakhir di sekitar 26.000 tahun yang lalu (Voris, 2000).

Perubahan permukaan air laut yang semakin tinggi akibat mencairnya es di kutub-kutub bumi pada akhir masa glasiasi mengakibatkan beberapa wilayah Paparan Sunda yang sebelumnya menyatu dengan bagian paling selatan dari Asia Tenggara tergenang menjadi lautan (Mithen, 2004). Proses tersebut kemudian membentuk situasi kepulauan indonesia menjadi seperti saat ini, dengan berbagai dinamika peristiwa lingkungan yang terus berlanjut, seperti progradasi pantai, proses pengendapan, erosi dan abrasi, pembentukan rawa-rawa dan delta sungai, fluktuasi permukaan air laut dan sebagainya. Dinamika peristiwa lingkungan tersebut di atas sangat mungkin menjadi faktor adanya situs perahu kuno yang ditemukan dalam konteks lingkungan daratan

Selain ditemukan di bawah air, situs perahu dan kapal kuno juga banyak ditemukan di daratan. Bangkai kapal atau perahu kuno yang ditemukan di daratan biasanya sengaja dikubur, terdampar, atau terkubur setelah terjadi perubahan lingkungan (Delgado, 2013). Situs perahu kuno di daratan di Indonesia ditemukan di daerah intertidal, daerah pesisir, dan bantaran sungai lama. Sebagian besar tinggalan arkeologi tersebut ditemukan dalam kondisi fragmentaris sehingga menyulitkan untuk mengetahui fungsinya di masa lalu, tetapi hingga kini belum ditemukan indikasi penggunaan sebagai kubur. Berdasarkan konteks lingkungan dan temuan artefak penyertanya, diperkirakan sebagian besar kapal dan perahu kuno tersebut difungsikan sebagai alat transportasi.

Salah satu temuan sisa perahu kuno di daratan yang terbaru adalah Situs Bongal di Tapanuli Tengah, Sumatera Utara. Situs ini diperkirakan dahulu merupakan salah satu pelabuhan di pantai barat laut Sumatera yang menghubungkan Nusantara dengan wilayah Samudra Hindia barat, khususnya Persia dan sekitarnya. Bagian-bagian perahu kuno ditemukan secara fragmentaris di bawah lapisan gambut di lokasi penambangan emas warga lokal. Papan-papan lambung dan kemudi perahu ditemukan secara tidak sengaja oleh warga beserta dengan artefak-artefak lain seperti keramik, gerabah, kaca, dan manik-manik (Purnawibowo & Restiyadi, 2020). Lokasi situs diperkirakan dahulu merupakan muara sungai, yang saat ini dikenal dengan Sungai Lumut, yang menghubungkan lautan dengan wilayah pedalaman. Bagian-bagian perahu yang ditemukan menunjukkan ciri teknik tambuku-terikat khas Asia Tenggara. Hasil pertanggalan untuk Situs Bongal menunjukkan 663–779 cal AD, berdasarkan uji radiocarbon salah satu papan kayu dan sisa ijuk (Purnawibowo & Mochtar, 2021).

Temuan sisa perahu kuno juga ditemukan di DAS Batanghari di Jambi, salah satunya di Desa Lambur, dekat dengan aliran Sungai Lambur kuno, yang sekarang sudah tidak ada lagi dan menjadi lahan gambut. Ekskavasi awal pada tahun 1997 menampakkan papan-papan kayu dengan sisa-sisa ijuk yang masih terdapat di bagian tambuku, berfungsi untuk mengikat gading-gading ke lambung kapal (Widiatmoko, Wijianto, & Widodo, 1998). Ekskavasi dengan skala besar dilaksanakan pada tahun 2019 menampakkan sebagian besar bagian lambung kapal yang sebelumnya berada pada kedalaman -50 cm / -1 m di bawah tanah permukaan sekarang ini. Papan-papan kayu ditemukan masih intact, disambung dengan pasak-pasak kayu. Bagian haluan dan buritan sudah rusak, meski kayu-kayu ujung sayap (*wing-ends*) masih ditemukan. Selain itu lunas kapal juga tidak ditemukan. Bagian kapal yang tersisa memiliki ukuran panjang 20,7 m dan lebar 5,5 m, sementara papan-papan kayu memiliki ketebalan 8–10 cm (Akbar *et al*., 2019). Tipe tambuku yang digunakan memiliki kesamaan dengan yang ditemukan pada kapal karam Cirebon yang berumur dari abad ke-10 Masehi (Liebner, 2014), tetapi tim ekskavasi melaporkan hasil uji pertanggalan pertengahan tahun 1500-an (Akbar *et al*., 2019). Dua dari penulis artikel ini, Mochtar dan Zazzaro, telah mengambil sampel kayu dan ijuk untuk melakukan uji pertanggalan ulang yang hasilnya akan dilaporkan kemudian.

Temuan sisa perahu kuno juga ditemukan di Pantai di Lagoi, Kabupaten Bintan, Provinsi Kepulauan Riau. Bagian lambung kapal tampak setelah badai muson tahun 2016, kemudian setahun setelahnya Balai Arkeologi Sumatra Utara melakukan ekskavasi tetapi hanya berhasil mengungkap kedua bagian ujung perahu (Koestoro *et al*., 2017). Penelitian arkeologi terhadap sisa perahu kuno tersebut baru-baru ini dilanjutkan kembali oleh tim peneliti dari BRIN (Badan Riset dan Inovasi Nasional) dan *Università Napoli L'Orientale*. Berdasarkan

hasil kegiatan tersebut di atas diketahui bahwa sisa perahu kuno tersebut hampir seluruhnya terpelihara dengan baik pada lingkungan pantai berpasir yang dipengaruhi oleh pasang surut air laut dengan panjang 23,4 meter dan lebar sekitar 5,5 meter. Perahu ini dibangun mengikuti sistem konstruksi perahu pra-modern khas Asia Tenggara (disebut "*lashed-lugs*", atau tambuku-terikat). Berdasarkan hasil penelitian sementara, diperkirakan lambung perahu masih utuh, dengan hanya beberapa lajur papan bagian atas yang hilang. Bagian haluan dan buritan perahu berhasil diidentifikasi dan beberapa artefak ditemukan dari dalam lambung kapal, terdiri dari keramik, kaca, dan benda logam. Perahu tersebut ditutupi oleh lapisan pertama yang berupa pasir pantai yang kasar dan lapisan kedua yang berupa sedimen pasiran yang lebih halus (Zazzaro, 2023: *personal communication*).

Pengamatan sementara terhadap karakteristik arsitektural juga menunjukkan bahwa tinggi lambung kapal tetap berada di atas permukaan air dan hanya sedikit papan yang terlewat. Penelitian ini juga berhasil mengidentifikasi orientasi arah hadap perahu dan kemungkinan lokasi tiang. Muatan kapal juga terpelihara dan selama ini terdiri dari keramik, kaca, dan benda logam. Kondisi bangkai kapal dan lingkungan tempat kapal tenggelam masih belum diketahui. Perahu tersebut ditutupi oleh lapisan pertama yang berupa pasir pantai yang kasar dan lapisan kedua yang berupa sedimen pasiran yang lebih halus (Zazzaro, 2023 : *personal communication*).

Penelitian-penelitian arkeologi terkait tinggalan sisa perahu kuno seperti yang telah diuraikan sebelumnya, sampai saat ini lebih banyak terfokus pada aspek teknologi kuno pembuatan perahu dan tradisi kemaritiman, baik yang mencakup di kawasan Asia Tenggara (Lacsina, 2016) maupun terkait dengan periode yang lebih lanjut (Manguin, 1985; Ronquillo, 1987). Beberapa penelitian lainnya juga masih lebih menitikberatkan pada aspek konservasi dari tinggalan-tinggalan sisa perahu kuno tersebut ataupun terkait aspek etnografis dalam tradisi pembuatan perahu-perahu kuno (Horrige, 1985; Liebner, 2014).

Kajian tentang lingkungan awal terdepositnya sebuah perahu dalam hal ini adalah sangat penting untuk dapat memahami bagaimana lingkungan yang sedang berlangsung saat perahu terendapkan di masa lalu. Melalui sebuah pendekatan dan analisis yang relevan, lingkungan awal dari sebuah situs perahu kuno dapat terindentifikasi lebih akurat; apakah di sungai/muara sungai, rawa-rawa atau di laut, di kawasan pelabuhan atau hanya sekedar teluk sebuah pantai atau memang sengaja untuk ditinggalkan.

Informasi terkait proses pengendapan dan juga lingkungan kuno dari sebuah temuan tinggalan perahu juga sangat membantu dalam upaya untuk lebih dapat memahami keadaan dari temuan sisa perahu, fungsi serta kemungkinan yang sebelumnya pernah dilalui dari perahu tersebut.

Sampai saat ini, penggunaan pendekatan geoarkeologi yang lebih terperinci dalam upaya lebih memahami konteks lingkungan awal terendapkannya sisa perahu kuno di situs-situs di Indonesia masih sangat jarang dilakukan. Artikel ini bertujuan memberikan informasi terbaru dari hasil pendekatan geo-arkeologi yang telah dilakukan terhadap situs perahu kuno Punjulharjo yang ditemukan pada sebuah lingkungan daratan di wilayah Rembang, Jawa Tengah.

Perahu Kuno Punjulharjo

Temuan sisa perahu Punjulharjo merupakan sebuah kapal kayu lengkap tertua yang ditemukan hingga saat ini di Asia Tenggara. Perahu ini ditemukan di desa Punjulharjo kabupaten Rembang, Jawa Tengah pada tahun 2008.

Perahu tersebut terkubur di bawah permukaan tanah pasang surut sedalam 2 meter. Saat ini,

lokasi penemuan perahu tersebut merupakan daerah daratan yang berjarak 500 meter dari garis pantai sebenarnya. Temuan arkeologis lainnya yang terasosiasi dengan perahu ini diantaranya adalah keramik yang berjumlah 239 buah, , batok kelapa sebanyak 54 buah, benda-benda dari kayu dan bambu, benda terbuat dari logam dan sebuah fragmen arca terbuat dari batu (Abbas, 2010). Saat ini, perahu tersebut tersimpan di sebuah bangunan semi terbuka di lokasi yang masih sama dengan saat awal penemuannya (Figur 1)

Figur 1. Lokasi daerah pengambilan sampel sedimen.
(*Sumber*: *Google earth*, dengan modifikasi)

Berdasarkan hasil ekskavasi yang dilakukan oleh Balai Arkeologi Yogyakarta pada tahun 2009, diketahui bahwa lambung kapal masih utuh dari haluan hingga buritan dengan hanya beberapa lajur papan atas yang hilang, begitu juga dengan komponen perkuatan internal. Hasil identifikasi yang lain adalah perahu kuno tersebebut memiliki panjang 15,6 m dan lebar bagian tengah 4,6 m. Papan-papan diikat dengan pasak dan tali ijuk, sedangkan gading, stringer dan tiang penyangga diikat secara tersendiri dengan tali ijuk (Figur 2).

Figur 2. Perahu Punjulharjo
(*Sumber*: BRIN-UNO)

Kegiatan tersebut juga memberikan informasi yang penting terkait temuan perahu tersebut, salah satunya gambar detail tampak atas (Siswanto, 2010). Namun, dalam penelitian tersebut, beberapa aspek teknologi pembuatan perahu masih ada yang terabaikan. Salah satu contohnya adalah pada gambar tampilan denah tidak terdapat informasi penting tentang pengikatan papan, sehingga mengakibatkan ketidaksesuaian dengan gambar hipotetis papan yang dibuat oleh Manguin (2009). Pasca penelitian, perahu kemudian menjalani perawatan konservasi jangka panjang dengan menggunakan *Polyethylene Glycol 400/4000*. Untuk tujuan konservasi, lambung kapal dibongkar. Setelah perawatan selesai, kayu-kayu tersebut dirakit kembali dan hasil akhirnya bisa kita lihat sekarang di ruang pameran. Sayangnya, selain beberapa bagian gading, seluruh komponen penguat bagian dalam terpecah menjadi potongan-potongan kecil dan tidak dapat dipasang kembali.

Penelitian lanjutan dalam upaya mengkaji ulang sisa-sisa perahu kuno melalui pendekatan arkeologi nautika dilakukan oleh Agni Mochtar (2018). Pemahaman yang lebih baik tentang gambaran teknik pembuatan perahu lambur yang sebenarnya. Semua lubang pengikat pada papan perahu dapat teridentifikasi. Hal ini sangat berguna dalam memberikan gambaran bagaimana lambung kapal diikat. Terdapat juga adanya pola pada pasak dan lubang pengikat pada jahitan papan: satu set terdiri dari sepasang lubang pengikat yang diapit oleh satu lubang pasak di setiap sisinya, dan di antara dua set ada satu lubang pasak tambahan (Mochtar, 2018). Penelitian tersebut juga melaporkan bahwa meskipun ukuran kapal agak sedang, lambung kapal kokoh dengan pengikat dan perkuatan internal yang memadai. Pengikat utama ditopang oleh pasak pada papan dengan tambahan tanggam dan duri pada bagian ujungnya. Pengikat tersebut mencerminkan sebuah sistem pengikat yang kuat, tetapi pada saat yang sama memberikan fleksibilitas yang cukup untuk membuat lambung lebih tahan lama (Mochtar, 2018). Penelitian terakhir terkait perahu kuno ini dilakukan oleh tim dari *Università Napoli "L'Orientale"* bekerja sama dengan BRIN dan Universitas Indonesia, yang mengintegrasikan informasi sebelumnya dengan informasi terkini tentang perahu melalui teknik observasi dan survei terbaru terkait aspek-aspek teknologi dari sebuah tinggalan perahu kuno. Teknik survei fotogrametri yang telah dilakukan memberikan catatan permanen mengenai kondisi konservasi kapal saat ini. Catatan-catatan tersebut sangat berguna ke depannya dalam menganalisis dan merekonstruksi secara lebih utuh.

Berdasarkan riwayat perahu Punjulharjo yang ditemukan pada area yang sudah menjadi daratan, serta hasil analisis teknologi dan aspek konservasi dari perahu yang telah dilakukan, maka pendekatan geoarkeologi dalam mengungkap lingkungan awal sejak terdepositnya perahu tersebut di atas menjadi sangat penting. Identifikasi karakter lapisan-lapisan tanah yang ada dan bagaimana mereka terendapkan dapat memberikan gambaran lingkungan pengendapan, landskap ataupun panorama yang pernah berlangsung di lingkungan dari situs temuan perahu kuno di Punjulharjo

METODOLOGI

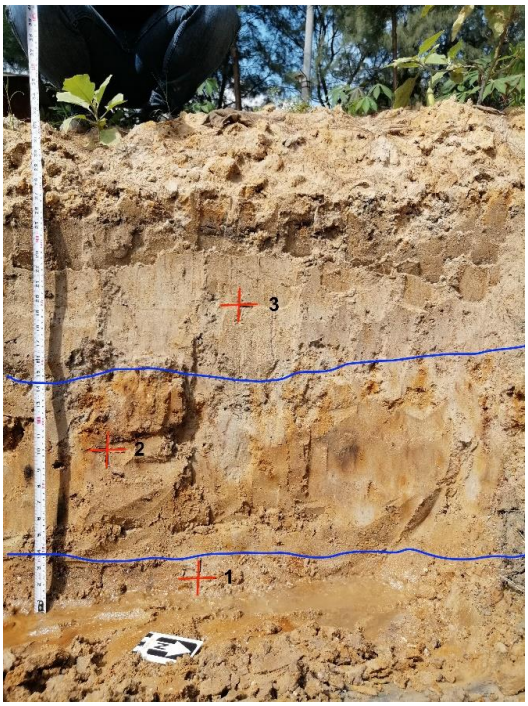
Penelitian geoarkeologi di situs perahu Punjulharjo ini dimulai dengan studi pustaka, lalu kegiatan pengumpulan data lapangan dan kemudian kegiatan analisis di laboratorium.

Kegiatan pustaka dimulai dengan pengumpulan laporan, dokumentasi photo dan peta serta tinjauan kepustakaan. Kegiatan di lapangan dimulai dengan proses pengamatan dan penentuan lokasi untuk membuat *trench* (parit) untuk mendapatkan sampel tanah. Kegiatan laboratorium ditujukan untuk analisis granulometri (analisis ukuran butir tanah) dan pengamatan morfoskopic butiran dari sampel tanah yang diambil.

Analisis granulometri tersebut digunakan dengan tujuan untuk mengetahui lingkungan pengendapan yang pernah terjadi di sebuah tempat, berdasarkan ukuran besar butiran tanah. Sedangkan pengamatan morfoskopic ditujukan untuk mengetahui karakter endapan yang ada pada butiran di setiap lapisan tanah. Kedua analisis laboratorium tersebut dapat saling melengkapi dalam mengidentifikasi lingkungan dan karakter pengendapan yang terjadi di situs perahu kuno Punjulharjo .

Pengambilan sample tanah dilaksanakan pada bulan Januari 2022 dalam rangka kerjasama antara BRIN, Universitas Napoli *"L'Orientale"* dan Universitas Indonesia. Lokasi penemuan perahu yang sudah berubah menjadi ruang pamer dari perahu tersebut menjadikan lokasi pengambilan sampel sedimen harus dilakukan ditempat yang tidak sama dengan tempat perahu ditemukan pertamakalinya. Areal yang dipilih untuk pengambilan sampel tanah terletak pada 47 meter ke arah selatan dari posisi perahu saat ini. Hal tersebut dilakukan dengan pertimbangan bahwa wilayah tersebut tidak terkontaminasi atau terganggu oleh aktivitas modern.

Sebuah irisan stratigrafi (*section*) kecil dilakukan. Lokasi dari irisan stratigrafi tempat pengambilan sampel kali ini juga dicatat dengan menggunakan alat GPS (Global Positioning System). Komposisi dari stratigrafi yang terlihat kemudian diamati dan dicatat. Stratigrafi lapisan yang kurang lebih sedalam 30 cm tersebut terdiri atas 3 lapisan tanah yang berbeda (Figur 3).



Figur 3. Stratigrafi pengambilan sampel sedimen
(*Sumber*: BRIN-UNO)

Lapisan pertama (1), adalah lapisan yang terletak paling bawah dari irisan stratigrafi yang dihasilkan. Lapisan ini memiliki ketebalan sekitar 10 sampai dengan 15 cm. Lapisan 1 tersebut cenderung berorientasi horisontal, bertekstur pasiran dengan kandungan lempungan yang sangat sedikit dan berwarna coklat kekuningan. Berdasarkan dari laporan dan foto foto ekskavasi pertama perahu kuno Punjulharjo, lapisan ini merupakan lapisan tanah yang berkontak langsung dengan bagian dasar perahu. Lapisan kedua (2) berada tepat di atas lapisan pertama. Lapisan ini memiliki ketebalan bervariatif sekitar 8 sampai dengan 10 cm. Tekstur dari lapisan kedua ini adalah berupa pasiran dengan kandungan pasiran yang lebih kasar dibandingkan dengan lapisan tanah dibawahnya dan kandungan lempungan yang relatif sedikit, dan berwarna sedikit coklat muda kehitaman. Lapisan ketiga (3) adalah lapisan paling atas dari irisan stratigrafi ini. Ketebalan dari lapisan ini rata-rata sekitar 5 cm dan memiliki tekstur yang masih bersifat pasiran, namun lebih banyak mengandung butiran lempungan daripada kedua lapisan di bawahnya. Lapisan 3 ini memiliki warna ini coklat muda.

Penggalian dan pengambilan sampel lapisan stratigrafi dilakukan dengan menggunakan alat ekskavasi arkeologi pada umumnya. Sampel-sampel tanah yang diambil dari lapisan stratigrafi di atas juga sudah mempertimbangkan faktor kesamaan karakter dengan stratigrafi lapisan tanah dari lokasi tempat perahu Punjulharjo saat pertama kalinya ditemukan. Pertimbangan tersebut didasarkan atas laporan dan dokumentasi fotografi dari penggalian arkeologi pertama oleh Balai Arkeologi Daerah Istimewa Yogyakarta di situs tersebut pada tahun 2009 (Figur 5).

Tiga sampel tanah dari tiga lapisan yang berbeda dikumpulkan dalam tiga wadah yang terpisah, dan masing masing diberi penamaan. Sampel pertama diambil dari lapisan tanah 1 diberi kode nama C1 . Sampel kedua (C2) dari lapisan tanah 2. Sedangkan sampel dari lapisan 3 diberi penamaan C3. Masing-masing sampel tanah tersebut memiliki berat basah kurang lebih 500 g. (Figur 4)

Figur 4. Kegiatan Pengambilan sampel di situs
(*sumber*: BRIN-UNO)

Tiga sampel sedimen yang telah dikumpulkan dan masih dalam keadaan basah diamati dan dianalisis di laboratorium *Dipartimento Di Scienza Della Terra, dell'Ambiente E Risorse Universitas Napoli Federico II, Italy*. Pengeringan ketiga sampel sedimen tersebut dilakukan dengan menggunakan oven pada suhu 80°C (*Celcius*) selama 48 jam. Setelah kering, sampe-sampel tersebut kemudian di timbang dengan menggunakan alat timbangan digital analitik. Hasil yang diperoleh adalah sampel C1 memilki berat kering 279,555 g, sampel C2 memiliki berat 330,375 g sedangkan sampel C3 memiliki berat 202.684 gram.

Setiap sampel dianalisis dengan menggunakan analisis ukuran partikel dengan cara pengayakan kering mesin ayakan seri *ASTM 8000*™ dengan ukuran ayakan terkecil 63 μm (mikronmeter) . Satu set ayakan tersebut ditumpuk dalam mesin getar (*Ro-Tap*) selama 15 menit. Fraksi sedimen yang tertahan oleh masing-masing ukuran saringan/ayakan dikumpulkan, kemudian ditimbang lalu dicatat.

Hasil timbangan yang diperoleh dari setiap sampel diolah dengan perangkat lunak vertikal berdasarkan berat setiap ukuran saringan (Blott & Pye, 2001). Sedangkan penyusunan data data granulometri yang disajikan dalam bentuk histogram, diagram segitiga, kurva frekuensi dan indeks statistic yang disusun menurut klasifikasi Folk & Ward (1957). Indeks-indeks penghitungan tersebut antara lain terkait ukuran rata-rata butir/*mean grain* (Mz), modus/*Mode* (μo), nilai tengah/*median* (D50), sortasi/*sorting* (σ), kepencengan/*skewness* (SkI) dan kurtosis/*qurtosis* (KG)

Pengamatan morfoskopik diterapkan pada kelompok butiran kuarsa dari setiap sampel sedimen. Pengamatan ini ditujukan untuk mengenali asal-usul (*genetic*) dari lingkungan pengendapan dan karakter mineral sedimentologis lainnya, seperti bioklas, material asing/*allochtonou*s dan *microplastics* (Angelucci & Palmerini, 1964)

Analisis tersebut dilakukan pada fraksi butiran kuarsa yang berukuran 250 μm dengan menggunakan stereomikroskop optik *Leica MZ16*™. Pengamatan dilakukan terhadap 100 butiran kuarsa dengan berbagai bentuk untuk mengenali jenis-jenis lingkungan hidro-dinamik yang ada. Hasil penghitungan tersebut diklasifikasikan ke dalam tiga kategori, yaitu 1) utuh/*unworn* (NU), 2) transparan-tidakutuh/*beveled* (ST) dan 3) buram-aus/*rounded* (AO). Data-data hasil pengamatan tersebut diolah dan disajikan dalam Diagram Segitiga (Graham & Midgley, 2000)

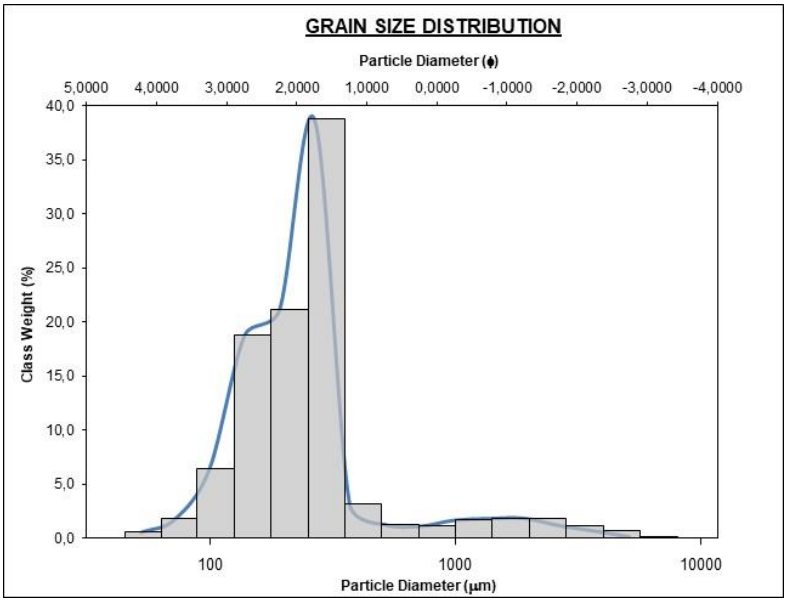
Terakhir, terkait dengan pengamatan aspek homogenitas dan warna sedimen, baik untuk sedimen yang masih basah ataupun sudah dikeringkan, tolak ukur yang digunakan indikator warna yang berdasarkan pada *Tabel Munsell* (Cooper, 1929).

Hasil dan Pembahasan

A. Hasil Analisis

Sampel C1

Berdasarkan hasil analisis granulometri, sampel C1 yang berasal dari lapisan 1 tersebut termasuk dalam kelompok dengan lapisan pasir sedikit berkerikilan (*Slightly gravelly sand*), dengan ukuran rata-rata butiran (*Mz*) adalah 231,8 µm. Sampel ini juga mengandung fraksi *bioklas* (>2 mm) yang melimpah. Berdasarkan grafik granulometrinya, sampel tersebut di atas memiliki grafik berbentuk *unimodal* dengan indikasi pemilahan/*sortasi* sedang, kurva yang simetris dan sangat *leptokurtik* (Figur 5). Sedangkan ukuran butiran dari fraksi lanau dan lempungan (butiran yang berukuran kurang dari 63 µm) hanya sebanyak 0,5%. Prosentase tersebut dapat diabaikan karena memiliki prosi yang lebih rendah dari standar porsi penghitungan, yaitu sebanyak 5% total berat sampel. (Figur 5)



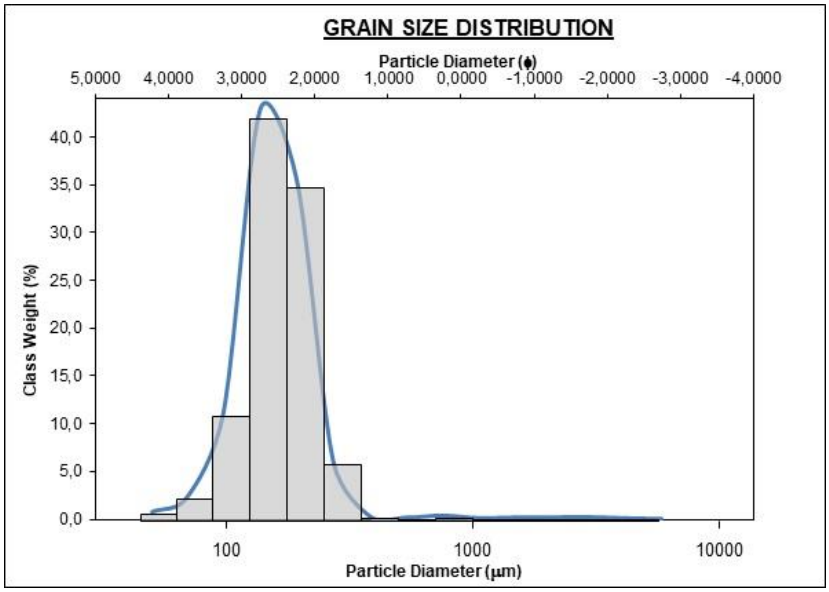
Figur 5. Histogram distribusi ukuran butir dari sampel C1

Dari hasil analisis morfoskopik, diketahui bahwa kandungan butiran kuarsa pada sampel-C1 cukup dominan. Butiran kuarsa tersebut lebih merupakan dari kelas butiran 'transparan-tidak utuh' (ST) sebanyak 61%., porsi butiran kuarsa 'utuh' (NU) sebanyak 26% dan porsi butiran kuarsa 'buram-aus' (AO) sebanyak 13% (Tabel 2)

Sampel C2

Sampel C2 diketahui merupakan lapisan tanah masih memiliki ciri yang sangat dekat dengan lapisan 1, yaitu berjenis lapisan pasiran sedikit berkerikil (*slightly gravelly sand*). Ukuran rata-rata butir (Mz) adalah 169,5 µm (2,561 φ) Sampel tersebut juga masih tetap mengandung bioklas yang melimpah (>2 mm) dan berdasarkan hasil analisis granulometri, sampel ini mengandung pasiran dengan kelas

pasir halus, bentuk grafik unimodal, tersortir dengan baik dan dengan persebaran butiran yang simetris. Terdapat sedikit perbedaan dengan sampel C1, yaitu sampel C2 memiliki bentuk puncak kurva yang mesokurtik. Sampel ini memiliki kecil sekali porsi pengedapan fraksi pelitik (<63 μm) yaitu hanya berkisar 0,7%. Angka tersebut lebih rendah dari standar porsi hitung minimal, sehingga dapat diabaikan (Figur 6)

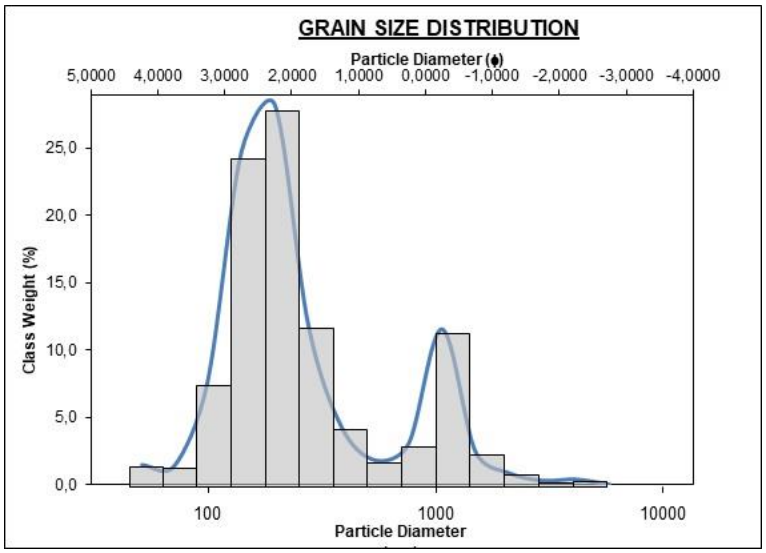


Figur 6. Histogram distribusi ukuran butiran sampel C2

Hasil pengamatan morfoskopik memperlihatkan bahwa sampel C2 memliki butiran kuarsa dalam jumlah yang cukup banyak. Kuarsa kelas butiran transparan/tidak utuh (ST) mengalami penurunan dibanding sampel C1, yaitu menjadi sebesar 50%.. Sedangkan butiran kuarsa dalam kelompok utuh/tidak aus (NU) meningkat menjadi 35%. Butiran kuarsa berkategori buram-aus (AO) masih dalam porsi yang terkecil, yaitu sebesar 15% (Tabel 2).

Sampel C3

Sampel C3 masih merupakan sampel tanah yang bertekstur lapisan pasiran, yaitu pasir agak berkerikil (*slightly gravelly sand*). Ukuran rata-rata butiran lapisan ini (Mz) adalah 299,6 μm. Sampel ini juga masih tetap memiliki kandungan bioklas (>2 mm) yang melimpah. Berdasarkan grafik granulometrinya, sampel C3 sudah memiliki banyak perbedaan ciri ciri dan komposisinya dibandingkan dengan sampel C1 dan C2. Perbedaan tersebut antara lain adalah sampel C3 merupakan kelompok pasir sedang, memiliki bentuk grafik yang *bimodal* (memiliki dua puncak) dengan pemilahan/*sortasi* yang buruk, indeks kepencengan/*skewness* yang sangat kasar, dan dengan bentuk puncak kurva yang leptokurtik (Figur 7).



Figur 7. Histogram distribusi ukuran butiran sampel C3

Selain itu, indikasi kehadiran fraksi pelitik atau butiran yang lebih kecil dari 63 µm, meskipun masih tidak bisa dianggap dalam penghitungan, namun porsi kelas butiran ini secara kuantitatif semakin meningkat jauh dibandingkan sampel C1 dan C2, yaitu sebesar 1,4%. (Tabel 1)

Sampel	Data Granulometri								
	Tekstur	Klasifikasi	Bioklas (>2 mm)	Median (Mz)	Kurva	Pemilahan	Kepencengan	Kurtosis	Pelitic (< 63 µm)
				µm		(σ)	SkI	(KG)	%
C1	Pasir kerikilan	Pasir Halus	melimpah	231,8	Unimodal	Cukup	Simetris	Sangat Leptokurtik	0,5
C2	Pasir Kerikilan	Pasir Halus	melimpah	165,9	Unimodal	Baik	Simetris	Mesokurtik	0,7
C3	Pasir Kerikilan	Pasir Sedang	melimpah	299,6	Bimodal	Buruk	Sangat Kasar	Leptokurtik	1,4

Tabel 1. Data granulometri sampel C1,C2 dan C3 menurut Folk & Ward (1957)

Analisa morfoskopik, sampel C3 menunjukkan butiran kuarsa dalam jumlah yang juga masih cukup banyak. Namun, kelas butiran kuarsa transparan-tidak utuh (*ST*) semakin jauh menurun, yaitu sebesar 44%. Disisi lain, butiran kuarsa yang utuh/ tidak terabrasi (*NU*) meningkat menjadi 42%. Sedangkan butiran kuarsa b ZVuram-aus (*AO*) mengalami peningkatan menjadi 14% (Tabel 2.)

Sampel	Morfoskopic Butir Kuarsa 250µm		
	Utuh (NA) %	Transparan-Tidak Utuh (BT) %	Buram-Aus (RO) %
C1	26	61	13
C2	35	50	15
C3	42	44	14

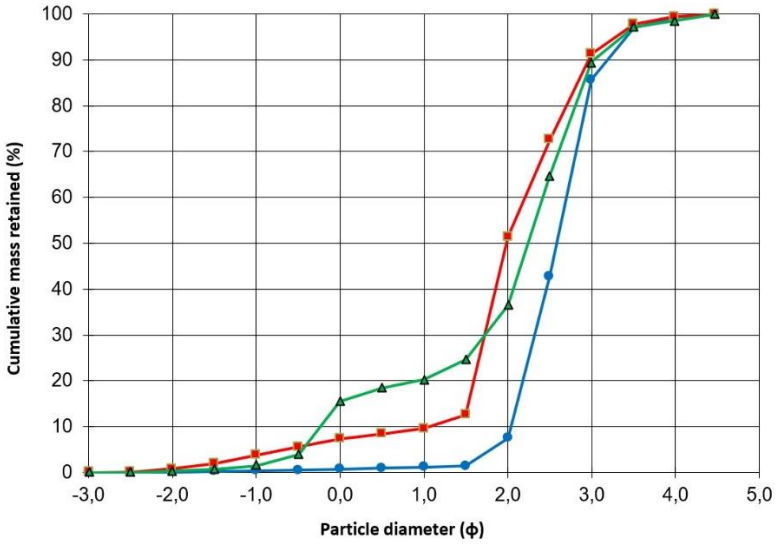
Tabel 2. Data morfoskopik butir kuarsa ukuran 250 µm dari sampel C1, C2 dan C3

Pengamatan aspek homogenitas dari ketiga sampel yang dianalisis menghasilkan satu warna yang hampir sama, yaitu warna yang bervariasi menurut Tabel Munsell, yaitu berwarna coklat pada saat keadaan basah (kode warna 7,5YR 5/4) dan berwarna coklat muda setelah mengalami pengeringan (kode warna 10YR 7/4). Hal ini meyiratkan bahwa ketiga sampel tersebut selalu dalam sebuah lingkungan pengendapan yang relatif hampir sama.

Secara pandangan mata, khususnya jika didasarkan pada warna lapisan tanahnya, ketiga sampel tersebut (C1, C2 dan C3)seolah olah tidak memiliki perbedaan. Hal ini juga tercermin dari selalu melimpahnya porsi bioklas yang ada serta dengan ketidakhadirannya material-material yang bersifat "*allochthonous"* Namun berdasarkan hasil analisis granulometri dan morfoskopik, ketiga sampel di atas memiliki distribusi dan karakter yang berbeda terkait aspek lingkungan pengendapannya. (Tabel 1)

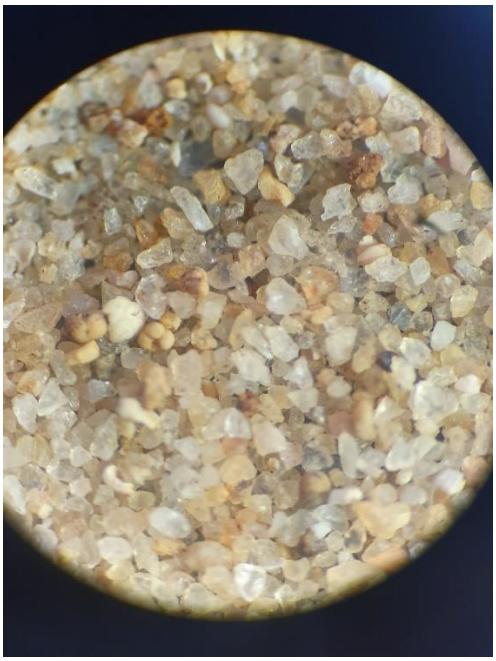
Dinamika Lingkungan Pengendapan Pantai Wilayah Punjulharjo Sejak Abad ke-7

Analisis granulometri dan morfoskopik yang telah dilakukan terhadap tiga sampel tanah dari area situs perahu kuno Punjulharjo telah menunjukkan setidaknya tiga karakter endapan yang berbeda (Figur 8)



Figur 8. Kurva frekuensi kumulatif berdasarkan diameter
butiran sampel C1 (berwarna merah), C2 (berwarna biru) dan C3 (berwarna hijau)

Lingkungan pengendapan pertama yang teridentifikasi adalah lingkungan saat pertama kali perahu Punjulharjo diperkirakan mulai terendapkan. Berdasarkan distribusi butiran dalam sample C1, lingkungan pengendapan yang berlangsung selama pengendapan lapisan 1 adalah lingkungan pantai yang dapat mengendapkan jenis pasir kerikilan (Folk & Ward, 1957). Lingkungan pengendapan tersebut berlangsung tetap dalam kurun waktu tertentu. Butiran juga terpilah dengan baik dengan populasi bioklas (>2mm) yang berlimpah dengan representasi butiran di bawah 63 mikron yang sangat tidak signifikan. Cukup dominannya kelompok butiran kuarsa transparan-tidakutuh menunjukkan bahwa lingkungan pantai tersebut adalah jenis pantai yang tidak jauh dari daratan (bertipe proksimal) namun masih sangat dipengaruhi oleh peristiwa pasang surut permukaan air laut (Angelucci & Palmerini,1964). (Figur 9)

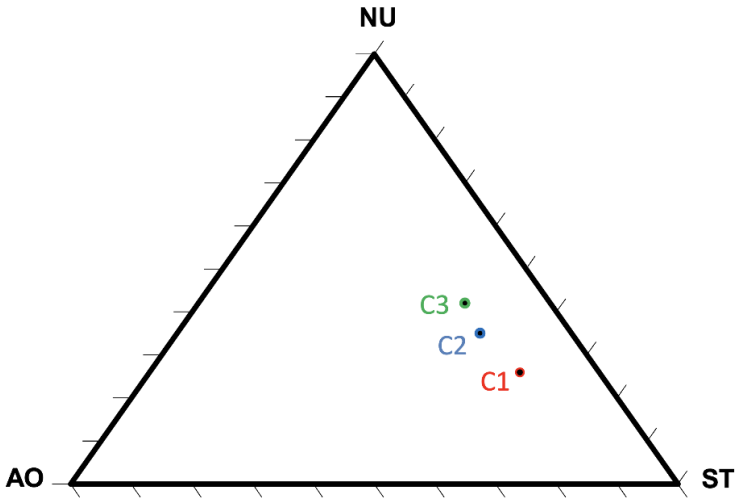


Figur 9. Butiran fraksi kuarsa 250 μm, sampel C1
(diamati dengan stereomikroskop optik Leica MZ16. pembesaran 10x)

Lingkungan pengendapan yang kedua, meskipun masih memiliki situasi yang hampir sama, yaitu lingkungan pantai, namun terdapat perubahan sudah mulai terjadi. Butiran pasir yang diendapkan sudah lebih mengecil (lebih halus) bersama dengan proporsi endapan lanau dan lempung yang juga terlihat sedikit meningkat. Hal tersebut menandakan bahwa situasi permukaan pantai berubah menjadi lebih tenang. Pengamatan morfoskopik pada butiran kuarsa dari sampel C2 menunjukkan bahwa proporsi kelompok kuarsa transparan-tidak utuh mulai mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya proporsi kelompok kuarsa utuh. Karakter ini biasanya terjadi pada pantai-pantai yang sangat berdekatan dengan sebuah batas daratan seperti tebing, atau berdekatan dengan sebuah mulut aliran air atau muara (Angelucci & Palmerini, 1964). Hal tersebut sangat mungkin terjadi melihat lokasi situs tersebut menjadi bagian wilayah pesisir Rembang yang letaknya berada di kaki bukit pegunungan Zona Rembang, dengan sungai-sungai yang mengalir ke arah pantai. Sangat memungkinkan sekali bila di periode ini, aliran air dari muara sungai terdekat sudah mulai memberikan pengaruh terhadap lingkungan pengendapan lapisan 2 meskipun belum sangat signifikan.

Lapisan ke 3 merupakan lapisan yang diendapkan dalam suasana lingkungan pengendapan yang sangat jelas berbeda dari dua lapisan sebelumnya. Berdasarkan hasil analisis granulometri, endapan lapisan ketiga tetap saja masih dipengaruhi oleh lingkungan laut (Folk and Ward, 1957), namun secara signifikan pengendapan tersebut juga sudah mendapat pengaruh dari faktor lain. Kelompok butiran pasir berukuran sedang sudah terlihat diendapkan dengan dua populasi endapan yang berbeda (kurva bimodal), denhan pemilahan yang buruk dan memiliki porsi endapan halus yang lebih besar dari dua endapan sebelumnya.

Berdasarkan pengamatan butir kuarsanya (morfoskopik), proporsi kuarsa transparan-tidakutuh (BT) mulai seimbang dengan proporsi kuarsa yang relatif utuh (NU). Komposisi tersebut mencerminkan adanya kemungkinan adanya perbedaan sumber/origin lain yang makin mempengaruhi lingkungan pengendapan. Kemungkinan besar ini merupakan fase awal pembentukan daratan diwilayah dimana perahu Punjulharjo berada.



Figur 10. Diagram segitiga sebaran populasi kuarsa sampel C1, C2 dan C3 yang diperoleh dengan morfoskopi, menurut Angelucci & Palmerini (1964): NU, utuh; ST, transparan-tidakutuh; AO, bulat buram

Daratan Pesisir Rembang dan Perspektif Konservasi Arkeologi Kemaritiman

Berdekatan dengan lokasi situs perahu Punjulharjo, sampai saat ini masih terlihat adanya sisa-sisa dari keberadaan sebuat selat kuno, yaitu di sekitar wilayah sungai Kalilondo dan Silugunggo (Bemmelen, 1949).

Pada masa Sultan Trenggana (abad ke-16), selat kuno yang disebut sebagai "Selat Muria" ini masih tercatat. Berdasarkan penelitian geomorfologi, selat tersebut semakin menghilang pada abad ke-17 akibat dari proses sedimentasi sungai yang menyatukan bekas garis pantai dengan pulau purba Muria (Masruri, 2001). Saat ini kawasan ini sering dilanda banjir pada musim hujan dan seringkali ditemukannya bangkai kapal yang menjadi bukti adanya jalur laut di masa lalu.

Hasil identifikasi terhadap situs perahu Punjulharjo yang menunjukkan dulunya merupakan bagian dari sebuah pantai, memberikan dugaan kuat bahwa perahu tersebut di atas, sangat mungkin merupakan sebuah kapal laut yang telah karam. Ditemukannya sisa-sisa dari bukti material muatan di atas perahu menunjukkan bahwa kemungkinan perahu tersebut tenggelam tidak jauh dari pantai.

Berdasarkan jenis benda-benda dari muatan perahu tersebut, sangat mungkin sekali bila perahu Punjulharjo adalah sebuah kapal laut yang mungkin saja dikhususkan untuk perdagangan pesisir pada sekitar abad ke 7 di wilayah pantai utara Pulau Jawa.

Bertambahnya jumlah penduduk serta cepatnya laju pembangunan dan pemukiman di wilayah pantai utara Pulau Jawa memberikan sebuah tantangan tersendiri kedepannya terkait kemungkinan situs dan kandungan temuan-temuan dari perahu kuno lainnya yang kemungkinan besar masih terpendam di wilayah daratan pesisir utara Rembang.

KESIMPULAN

Kepulauan Indonesia sangat kaya akan potensi arkeologi maritim dan masih sedikit dieksplorasi. Tinggalan sisa-sisa perahu dan kapal karam di nusantara yang menyimpan nilai sangat menarik dari sudut pandang arsitektural, sejauh ini ditemukan dalam konteks lingkungan daratan.

Penggunaan pendekatan geoarkeologi dan paleoenvironamental sangat penting untuk memahami pentingnya sisa-sisa perahu tersebut dan untuk memprediksi lokasi perahu dan sisa-sisa

perahu lainnya di masa depan. Hasil analisis sedimen yang dilakukan di Punjulharjo menunjukkan bahwa kawasan tenggelamnya kapal tersebut awalnya adalah pantai, dengan variasi lingkungan pengendapan berbeda beda.

Hasil penelitian kali ini masih memerlukan banyak sumbangan dan informasi dari berbagai data dan analisis tambahan dari berbagai disiplin ilmu, terutama terkait upaya merekontruksi relevansi lingkungan masa lalu dan sisa aktivitas manusia di sekitar tempat karamnya perahu Punjulharjo. Analisis malakologi, palinologi dan juga pertanggalan yang lebih terinci di wilayah situs perahu Punjulharjo akan sangat membantu menjelaskan lebih dalam dan lengkap tentang proses pengendapan, perubahan lingkungan berikut dengan tahapan waktu yang mengiringinya.

DAFTAR PUSTAKA

Akbar, Ali *et al*. (2019). Laporan Akhir Pelaksanaan Kegiatan Penelitian Situs Perahu Kuno di Desa Lambur I, Kecamatan Muara Sabak Timur. Badan Penelitian dan Pengembangan Daerah Kabupaten Tanjung Jabung Timur Provinsi Jambi.

Angelucci, A., Palmerini, V.(1964). Studio sedimentologico delle sabbie rosse di Piverno (Lazio sud-occidentale). Geologica Romana 3, 203-226.

Blott, S. J., & Pye, K. (2001). GRADISTAT: a grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments. Earth Surface Processes and Landforms 26(11), 1237-1248.

Cooper, F.G. (1929). Munsell manual of color. Defining and explaining the fundamental characteristics of color. Munsell Color Company, Inc., Baltimora, Maryland.

Delgado, J. P. (2013) Ships on Land, in eds. Ben Ford, Donny L. Hamilton, and Alexis Catsambis, The Oxford Handbook of Maritime Archaeology, Oxford: Oxford University Press, 182-191.

Folk, R.L., & Ward, W.C. (1957). Brazos river: a study in the significance of grain size parameters. Journal of Sedimentary Petrology 27(1), 3-26.

Graham, D.J., & Midgley, N.G. (2000). Technical communication. Graphical representation of particle shape using triangular diagrams: an excel spreadsheet method. Earth Surface Processes and Landforms 25, 1473–1477.

Horridge, G. A. (1985) The Prahu: Traditional Sailing Boat of Indonesia. Singapore: Oxford University Press.

Koestoro, *et al*. (2017). Laporan Penelitian Arkeologi Ekskavasi di Perahu Kuno di Pantai Lancang Kuning, Lagoi, Pulau Bintan, Prov. Kepulauan Riau. Balai Arkeologi Sumatera Utara.

Masruri, Ahmad Bukhori. (2021). "Jati, Juwana, dan Jung Jawa: Geohistoris Pegunungan Kendeng dan Selat Muria". Dalam Masruri, Bukhori. Benantara, Bentang Alam dalam Gelombang Sejarah Nusantara (dalam bahasa Indonesia) (edisi ke-1). Jakarta: Kepustakaan Populer Gramedia. hlm. 82. ISBN 9786024816551

Lacsina, L. (2016) Examining Pre-colonial Southeast Asian Boatbuilding: An Archaeological Study of the Butuan Boats and the Use of Edge-joined Planking in Local and Regional Construction Techniques. Unpublished PhD thesis, Department of Archaeology, School of Humanities and Creative Arts, Faculty of Education, Humanities and Law, Flinders University, South Australia.

Liebner, H. (2014) The Siren of Cirebon: A Tenth-Century Trading Vessel Lost in the Java Sea. Unpublished PhD thesis, East Asian Studies, School of Modern Languages and Cultures, The University of Leeds, Leeds.

Manguin, P.-Y. (1985) Sewn-plank craft of Southeast Asia. Sewn Plank Boats: Archaeological and Ethnographic papers based on those presented to a conference at Greenwich

in November, 1984, Oxford, Great Britain: B.A.R.
Manguin, P.-Y., (2019), Sewn Boats of Southeast Asia: the stitched-plank and lashed-lug tradition. IJNA 48, 400-415.
Mithen, Steven (2004). After the Ice: a global human history, 20.000–5.000 BC. Cambridge MA: Harvard University Press. ISBN 0-674-01570-3.
Mochtar, A. S. (2018). The seventh-century Punjulharjo boat from Indonesia: A study of the early Southeast Asian lashed-lug boatbuilding tradition [Flinders University]. https://flex.flinders.edu.au/file/5b8a6d45-1c8d-4a10-9647-e24526ef1714/1/ThesisMochtar2018.pdf
Partanda Koestoro, L., Supriyadi Suhadi, S., Purnawibowo, S., Restiyadi, A., Siahaan HH, P., Nawitu Syahra, U., Ginting, P., Husni, H. (2017). Ekskavasi perahu kuna di Pantai Lancang Kuning, Lagoi, Pulau Bintan Prov. Kepulauan Riau. Kementarian Pendidikan dan Kebudayaan Pusat Pernelititan Arkeologi Nasional. Balai Arkeologi Sumatera Utara.
Priyanto, W. A. (2020). Conservation Research and Treatment Programs: Case Study of Ancient Boat Site in Rembang Regency.The MUA Collection, accessed September 23, 2020, http://www.themua.org/collections/items/show/1263.
Purnawibowo, S. & Mochtar, A. (2020). Analisis Teknologi Pembuatan Perahu pada Temuan Sisa Perahu Kuno dari Abad VII M di Situs bongal, Pantai Barat Sumatra Utara. KALPATARU, Majalah Arkeologi 30(2), 99–112.
Purnawibowo, S. & Restiyadi, A. (2020). Identifikasi Tinggalan Arkeologi Maritim di Situs Bukit Bongal, Tapanuli Tengah, Sumatera Utara. Balai Arkeologi Provinsi Sumatra Utara.
Ronquillo, W. P. (1987) The Butuan archaeological finds: Profound implications for Philippines and Southeast Asian prehistory. Man and Culture in Oceania 3 (Special Issue):71–78.
Siswanto, Abbas, N. (2010), Ringkasan Hasil Penelitian Situs Perahu Punjulharjo, Kabupaten Rembang, Varuna Jurnal Arkeologi Bawah Air, Direktorat Peninggalan Bawah Air, Direktorat Jenderal Sejarah Dan Purbakala, Kementerian Kebudayaan dan Pariwisata, Indonesia.
Widiatmoko, A, Wijianto & Widodo, S. (1998). Laporan Ekskavasi Penyelamatan Perahu Kuno, Situs Lambur, Desa Lambur I, Kecamatan Muara Sabak, Kabupaten Tanjungjabung. Suaka Peninggalan Sejarah dan Purbakala Provinsi Jambi, Sumatera Selatan, dan Bengkulu
Van Bemmelen, Reinout Willem (1949). Geology of Indonesia. Den Haag: Government Printing Office. ISBN 9789024711741.
Voris H. K. (2000) Maps of Pleistocene Sea Levels in South East Asia: Shorelines, River Systems, Time Durations, Journal of Biogeography, 27, pp. 1153-68.