

**GEOARKEOLOGI KEBENCANAAN UNTUK MENDUKUNG
PENCAPAIAN TUJUAN PEMBANGUNAN BERKELANJUTAN**
Disaster Geoarcheology for Supporting Sustainable Development Goals

Purna Sulastya Putra¹⁾, Eko Yulianto¹⁾, Septriono Hari Nugroho¹⁾, Yuka Nurtanti Cahyaningtyas²⁾, Agus Men Riyanto¹⁾, Yayat Sudrajat¹⁾, Januar Ridwan¹⁾, Amar¹⁾

¹⁾ Pusat Riset Geoteknologi, Badan Riset dan Inovasi Nasional
Kompleks LIPI Gd 80 Jalan Sangkuriang Bandung, Indonesia

²⁾ Pusat Riset Arkeologi Lingkungan, Maritim, dan Budaya Berkelanjutan, Badan Riset dan Inovasi Nasional

Jalan Raya Condet Pejaten No.4, Pasar Minggu, Jakarta Selatan, Indonesia

Pos-el: purna.putra@gmail.com

Naskah diterima: 13 Juli 2022-Revisi terakhir: 29 November 2022

Disetujui terbit: 29 November 2022

Abstract

Many archeological sites that exist today are associated with catastrophic events in the past. Some archeological remains were found buried in volcanic ash materials, flood deposits, and even it related to tsunami that was happened in the past. For example, a paleotsunami research that was conducted in the western coast of Aceh has identified that one of the paleotsunami occurrence which happened in 15th century might have responsible for the cultural hiatus in the northern of Sumatra during that century. It was hypothesized that the 15th century's tsunami destroyed the pre-15th century civilizations and cultures. Unfortunately, the study of disaster geoarcheology especially in Indonesia is not a popular research topic, the connection between the archeological remains with the occurrence of disaster is still not properly discovered. Through the geoarcheological studies, not only the community response to the disaster can be identified but also the recurrence interval of the disaster can be predicted. For example, in Simeuleu, Aceh, the local wisdom of smong, a tradition that still exists today, has been proven to save many lives from tsunamis. In this paper, examples of geoarcheological studies will be discussed. Our understanding of the history of the archeological sites and their connection with the disaster is an important aspect and this information must be applied for the disaster mitigation and expected to be able to support achieving the goal of sustainable development.

Keywords: *geoarchaeology; disaster; sustainable development*

Abstrak

Situs-situs arkeologi yang ada saat ini keberadaannya banyak yang dihubungkan dengan kejadian bencana pada masa lalu. Banyak bangunan-bangunan situs purbakala yang ditemukan terkubur material letusan gunung api, endapan banjir, bahkan ada yang dikaitkan dengan kejadian tsunami di masa lalu. Sebagai contoh, sebuah studi paleotsunami di wilayah pantai barat Aceh dalam diskusinya menghubungkan salah satu kejadian paleotsunami pada abad 15 M dengan terdapatnya *cultural hiatus* di utara Sumatera pada abad tersebut. Kejadian paleotsunami pada abad 15 M tersebut dihipotesiskan telah menghancurkan peradaban-peradaban yang ada hingga abad 15 M. Sayangnya, studi geoarkeologi kebencanaan di wilayah Indonesia masih belum banyak dilakukan, sehingga hubungan keberadaan situs-situs purbakala dengan sejarah bencana di lokasi situs berada belum terungkap dengan baik. Melalui studi geoarkeologi juga dapat dipelajari bagaimana respon dan adaptasi masyarakat pada masa lampau terkait bencana alam. Sebagai contoh, di Simeuleu, Aceh, kearifan lokal *smong* yang masih lestari hingga saat ini telah terbukti menyelamatkan masyarakat dari bencana tsunami. Dalam artikel ini akan di bahas contoh-

contoh studi geoarkeologi yang sudah dilakukan secara global dan akan di diskusikan juga potensi studi geoarkeologi di wilayah Indonesia. Pemahaman kita mengenai sejarah keberadaan situs-situs purbakala dan kaitannya dengan sejarah kejadian bencana alam, diharapkan dapat diaplikasikan dalam penyusunan mitigasi bencana serta dalam strategi pelestarian situs tersebut. Studi geoarkeologi diharapkan dapat mendukung pencapaian tujuan pembangunan berkelanjutan.

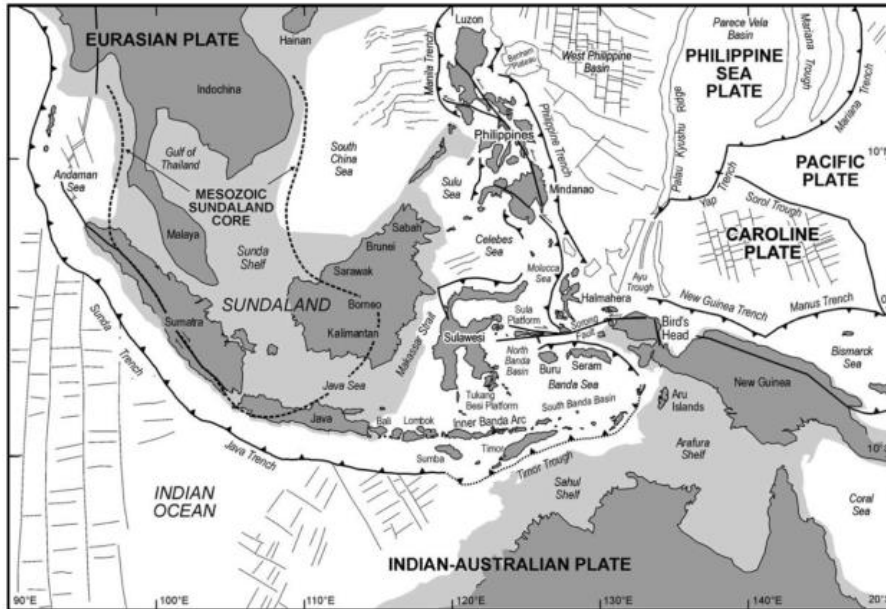
Kata kunci: geoarkeologi; kebencanaan; pembangunan berkelanjutan

PENDAHULUAN

Pembangunan konvensional mungkin dianggap telah berhasil dalam meningkatkan pertumbuhan ekonomi, namun model pembangunan seperti ini gagal dalam aspek sosial dan lingkungan karena hanya meletakkan aspek ekonomi sebagai pusat persoalan yang harus dipecahkan dalam pembangunan (Salim 2010, 22). Masih menurut Salim (2010), memasuki abad ke-21, model pembangunan konvensional ini tidak dapat lagi diterima dan memerlukan model pembangunan berkelanjutan yang dapat menghasilkan keberlanjutan dari aspek ekonomi, sosial dan lingkungan yang terus bergerak maju secara bersamaam. Jika ketiga aspek tersebut tidak bergerak maju bersamaan, maka salah satu aspek dapat menjadi kendala, yang pada akhirnya akan menghasilkan pembangunan yang tidak berkelanjutan, tujuan pembangunan menjadi tidak tercapai. Kondisi masyarakat yang masih terbelakang adalah salah satu kendala dalam aspek sosial (Salim 2010, 23). Aspek lingkungan juga beragam, salah satunya aspek kondisi alam dan potensi ancaman bencana alam. Dari 17 tujuan dan 169 target pembangunan berkelanjutan (Bappenas 2017, 4), secara umum dapat disederhanakan bahwa pembangunan berkelanjutan adalah pembangunan yang menjaga peningkatan kesejahteraan ekonomi, menjaga keberlanjutan kehidupan sosial masyarakat, serta menjaga kualitas lingkungan hidup dari satu generasi ke generasi selanjutnya. Tujuan pembangunan berkelanjutan tersebut tidak akan tercapai jika kita mengabaikan potensi ancaman dan risiko bencana alam/bencana geologi yang ada di Indonesia ini. Untuk dapat mengetahui potensi ancaman dan risiko bencana geologi dengan baik, maka harus ada catatan/rekaman sejarah kejadian bencana geologi yang panjang. Tsunami adalah suatu kondisi ketika gelombang laut bergerak dan menerjang daratan akibat adanya gangguan di dasar laut. Tsunami sebagai salah satu bencana geologi telah terjadi berulang kali di wilayah Indonesia. Secara geologi potensi ancaman tsunami memang sangat tinggi disebabkan wilayah Kepulauan Indonesia terletak pada pertemuan tiga lempeng tektonik besar yaitu Lempeng Indo-Australia, Lempeng Eurasia, dan Lempeng Pasifik (Hall 2002, 353) (Gambar 1). Lebih dari 90% kejadian tsunami di Indonesia bersumber dari aktivitas gempa bumi di zona subduksi, dengan sumber tsunami yang lain berupa longsoran di laut, dan aktivitas vulkanisme (Latief, Puspito, Imamura 2000).

Secara umum, catatan/rekaman sejarah kejadian tsunami di Kepulauan Indonesia masih sangat terbatas, hanya sekitar 400 tahun terakhir (Latief, Puspito, Imamura 2000). Menurut Yulianto (2021, 1) bencana geologi bermagnitudo besar memiliki waktu perulangan yang lebih panjang, sehingga catatan sejarah yang terbatas/pendek bisa jadi belum merekam kejadian bencana geologi bermagnitudo besar tersebut. Untuk kejadian

tsunami raksasa, waktu perulangan kejadian di wilayah Indonesia bisa mencapai 500 hingga 800 tahun sekali (MacCaffrey 2008, 265). Bencana geologi bermagnitudo besar tersebut, termasuk tsunami raksasa, bisa jadi telah memengaruhi peradaban dan kebudayaan manusia sejak dahulu kala. Hancurnya peradaban manusia pada zaman dahulu akibat bencana alam juga banyak dikisahkan dalam kitab-kitab suci agama dunia (Yulianto 2021, 3).



Gambar 1. Posisi wilayah Indonesia yang terletak dalam pertemuan tiga lempeng tektonik utama dunia (Sumber: Hall 2002).

Studi geoarkeologi kebencanaan tsunami bisa menjadi salah satu solusi dalam rangka memperpanjang catatan sejarah kejadian tsunami dan dampaknya terhadap kehidupan manusia pada masa lampau. Studi geologi saja hanya akan mengidentifikasi potensi ancaman tsunami. Studi geoarkeologi akan melengkapi hasil penelitian geologi tersebut dengan mengidentifikasi juga dampak tsunami terhadap peradaban manusia pada masa lampau.

Sayangnya hingga saat ini studi geoarkeologi kebencanaan khususnya tsunami di Indonesia masih sangat terbatas. Bahkan studi geologi paleotsunami/tsunami purba di wilayah Indonesia juga masih terbatas dilakukan. Studi paleotsunami adalah penelitian untuk mengetahui tsunami yang pernah terjadi di masa lalu di luar yang sudah tercatat dalam rekaman sejarah, salah satunya berdasarkan bukti-bukti geologi. Berdasarkan bukti-bukti geologi, lapisan paleotsunami dapat dikenali dalam rekaman stratigrafi, karena lapisan paleotsunami seringkali memiliki ciri khas dalam karakter besar butir sedimen, kandungan mikrofossil, serta kandungan geokimia yang berbeda dengan lapisan nonpaleotsunami di atas dan di bawahnya (Avsar 2019, 374-375). Pendekatan dalam studi paleotsunami dalam lingkup geologi secara umum meliputi studi karakter sedimentologi, mikropaleontologi, identifikasi karakter geokimia dan karakter fisika sedimen, studi aspek geoarkeologi, serta geomorfologi (Goff, Chague-Goff, Nichol, Jafee, dan Dominey-Howes 2012, 72-81). Sebagai contoh, karakter besar butir lapisan paleotsunami

secara umum lebih kasar karena banyak mengandung sedimen berukuran pasir jika dibandingkan dengan lapisan tanah pratsunami. Kandungan mikrofauna asal laut di dalam endapan paleotsunami juga tentu saja lebih melimpah dibandingkan lapisan tanah pratsunami. Kandungan unsur geokimia penciri asal laut (Ca, Sr) jauh lebih melimpah di dalam endapan tsunami. Dalam aspek stratigrafi, lapisan paleotsunami biasanya memiliki kontak tegas dan erosional dengan lapisan di bawahnya.

Artikel ini adalah hasil review dari artikel-artikel mengenai geoarkeologi dan akan membahas beberapa studi kasus geoarkeologi kebencanaan tsunami yang telah dilakukan di berbagai bagian dunia (Gambar 2) yang diharapkan bisa menjadi contoh agar studi geoarkeologi kebencanaan tsunami dapat semakin berkembang di Indonesia. Pada bagian akhir, akan diberikan rekomendasi untuk studi geoarkeologi kebencanaan tsunami di Indonesia.



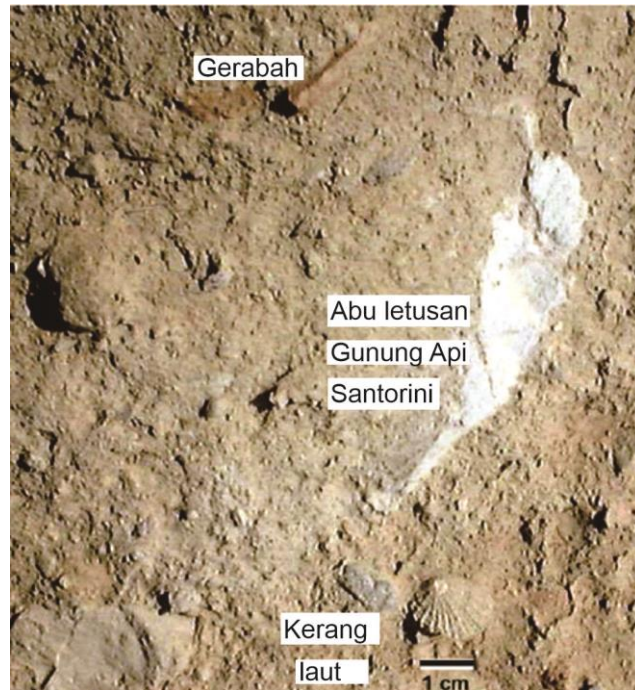
Gambar 2. Lokasi-lokasi studi geoarkeologi kebencanaan yang dijadikan referensi dalam makalah ini (Sumber: Peta Google Map diambil dari *earthviewmaps.com*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut adalah beberapa studi geoarkeologi kebencanaan tsunami yang telah dilakukan di beberapa negara baik itu di Eropa, Asia, Amerika dan wilayah lainnya. Gutscher (2005, 685-688) bahkan berhipotesis bahwa hilangnya Atlantis adalah akibat dari tsunami raksasa. Hutchinson dan Crowell (2006, 70) mempelajari geoarkeologi tsunami di zona subduksi Alaska, Amerika. Mereka mengidentifikasi adanya perulangan tsunami sejak sekitar 3000 tahun yang lalu (tyl). Perulangan tsunami tersebut sangat mungkin telah berdampak pada peradaban manusia yang ada di sepanjang pantai barat Alaska.

McFadgen dan Goff (2007, 263-274) mempelajari jejak-jejak kejadian paleotsunami dalam rekaman arkeologi sejak sekitar 700 tyl di wilayah Selandia Baru. Bruins et al. (2008, 191) mempelajari kejadian tsunami akibat letusan Gunungapi

Santorini pada periode Minoan di wilayah Mediterania Timur. Peristiwa letusan gunungapi dan tsunami tersebut telah menghancurkan peradaban Minoan. Bruins et al. (2008, 199) melaporkan adanya lapisan geoarkeologi berupa lapisan tidak terpilah dengan ukuran butir yang beragam mulai dari lempung hingga bongkah yang tersusun atas abu vulkanik, pecahan batu untuk konstruksi bangunan, serta pecahan gerabah. Gambar 3 adalah foto lapisan geoarkeologi bukti tsunami hasil erupsi Gunungapi Santorini pada periode Minoan. Lapisan geoarkeologi bukti tsunami masa lampau ini ditemukan pada ketinggian sekitar 9 m, menunjukkan magnitudo tsunaminya cukup besar.

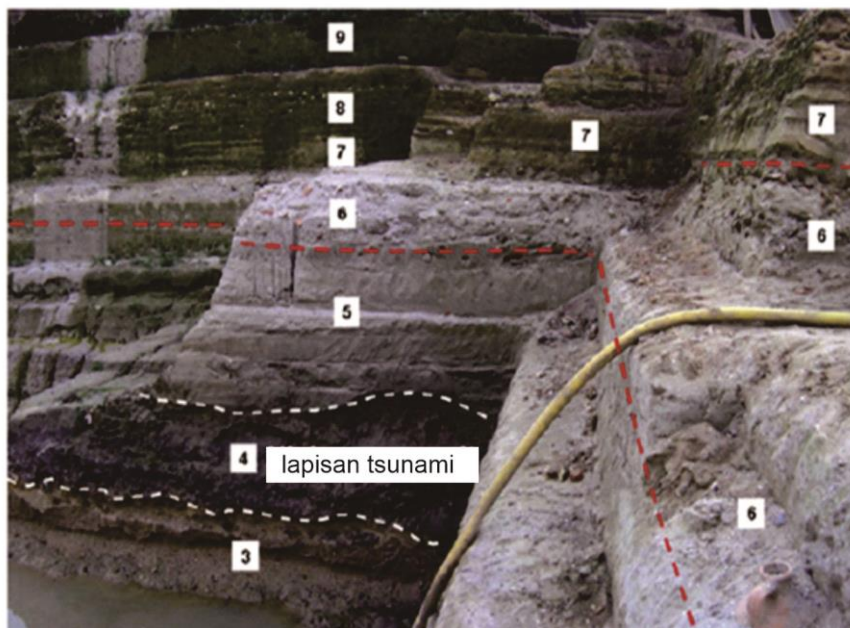


Gambar 3. Lapisan geoarkeologi bukti kejadian tsunami pada periode Minoan di Santorini (Sumber: Bruins et al. 2008).

Vott et al. (2008, 105) dalam studinya menggunakan data geomorfologi, sedimentologi, geokimia dan geofisika di wilayah Tanjung Aghios Nikolaos, Yunani, menemukan paling tidak ada dua tsunami yang rendamannya mencapai ketinggian 6 m yang telah memporakporandakan masyarakat di wilayah tersebut. Vott et al. (2011) melakukan survey geoarkeologi tsunami di wilayah pantai Palarios-Pogonia, di bagian barat daya Yunani dan berhasil mengidentifikasi beberapa lapisan paleotsunami di wilayah tersebut. Lapisan paleotsunami tersebut pelamparannya bahkan hingga sekitar 1 km ke arah darat dari garis pantai modern, menunjukkan bahwa terjadi tsunami cukup besar. Lapisan paleotsunami ditemukan pada ketinggian tidak kurang dari 7,5 m di atas muka air laut, menunjukkan bahwa tinggi minimal tsunami adalah sekitar 7,5 m. Mereka berhipotesis bahwa sebagian dari beberapa lapisan paleotsunami tersebut telah terbukti bertanggung jawab merusak peradaban manusia pada zaman dahulu. Hasil analisis penanggalan radiokarbon menunjukkan bahwa peradaban yang terdampak tsunami dimulai dari abad ke 3 hingga sekitar abad ke 6. Di Australia bagian barat, Barham (2012)

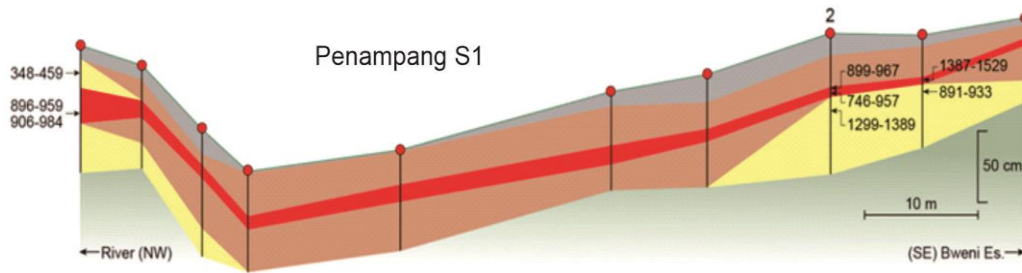
menyelidiki rekaman paleotsunami pada Kala Holosen dan kemudian menggunakan data arkeologi untuk menvalidasi umur kejadian tsunami purba.

Bony et al. (2012, 118) dalam penelitian di Istanbul, Turki berhasil mengidentifikasi bukti-bukti geologi dari kejadian tsunami pada abad ke-6 yang kemungkinan menghancurkan Pelabuhan Yenikapi (Gambar 4). Sementara itu Hoffman et al. (2015, 123) dalam studinya di Oman berhasil menemukan bukti-bukti geologi dan arkeologi yang dikaitkan dengan rentetan kejadian tsunami selama Kala Holosen. Goodman-Tchernov dan Austin Jr (2015, 451-452) menemukan bukti geologi dari lapisan paleotsunami di wilayah Caesarea, Israel. Paleotsunami tersebut telah berulang kali berdampak pada keberadaan pelabuhan-pelabuhan penting di wilayah tersebut selama beberapa ratus tahun terakhir.

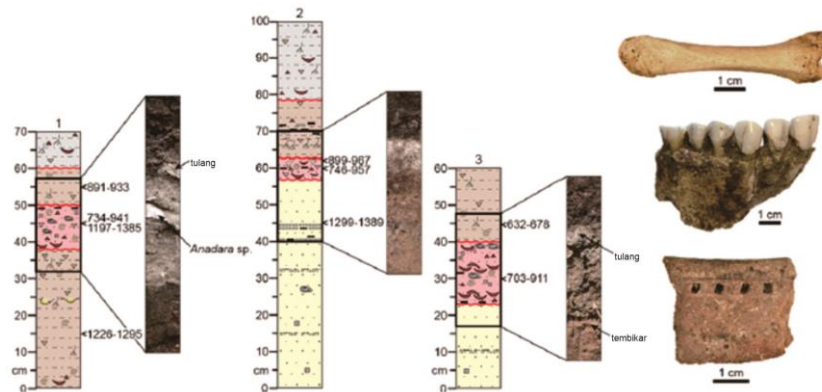


Gambar 4. Profil stratigrafi yang menunjukkan adanya lapisan tsunami (lapisan nomer 4) (Sumber: Bony et al. 2012).

Kaitan paleotsunami dan sisa-sisa benda arkeologi di dataran pantai Quriyat, Oman telah berhasil diselidiki oleh Tara et al. (2019, 98). Di bagian barat daya Turki, Avsar (2019, 373) menemukan jejak-jejak geologi kejadian tsunami sejak abad ke-12. Avsar (2019, 382) berhipotesis bahwa beberapa kejadian tsunami purba tersebut pasti berdampak pada beberapa peradaban manusia pada zaman itu. Salah satu studi terbaru adalah oleh Maselli et al. (2020). Maselli et al. (2020, 808-813) mempelajari bukti paleotsunami sejak 1000 tyl di wilayah Tanzania, Afrika (Gambar 5 dan 6). Kejadian tsunami 1000 tyl sangat mungkin terkait dengan keberadaan komunitas maritim yang ada di wilayah tersebut.



Gambar 5. Profil stratigrafi dan hasil analisis penanggalan radiokarbon yang menunjukkan kemenerusan lapisan paleotsunami yang berumur sekitar 1000 tyl (Sumber: Maselli et al. 2020).



Gambar 6. Profil stratigrafi lapisan paleotsunami sekitar 1000 tyl yang didalamnya terkandung fragmen-fragmen pecahan gerabah, tulang dan rahang (gigi) (Sumber: Maselli et al. 2020).

Hasil studi dari beberapa contoh penelitian tersebut mengindikasikan bahwa bencana alam khususnya tsunami menjadi kendala besar dalam keberlanjutan pembangunan dan kehidupan masyarakat dari waktu ke waktu. Kejadian tsunami terbukti berulang terjadi di suatu wilayah menyebabkan dampak terhadap infrastruktur fisik dan kehidupan sosial ekonomi masyarakat pun berulang. Hal ini menunjukkan bahwa untuk mendukung pengembangan dan pembangunan suatu wilayah, rencana pembangunan yang berkelanjutan haruslah berdasarkan kepada pemahaman mengenai potensi ancaman termasuk di dalamnya kemungkinan bencana yang akan terjadi dan upaya-upaya mitigasinya. Aspek geoarkeologi kebencanaan dalam hal ini menjadi aspek penting untuk mengetahui aspek fisik dan sosial masyarakat dalam menghadapi bencana.

Penelitian-penelitian tersebut adalah beberapa contoh dari banyak penelitian yang telah terpublikasi terkait dengan geoarkeologi kebencanaan tsunami. Beberapa artikel tersebut dalam judul artikelnya bahkan secara eksplisit menyebutkan kata *geoarchaeology* atau *archaeology* namun jika kita cermati lebih dalam, artikel-artikel tersebut sebenarnya masih fokus pada interpretasi dan diskusi data geologi saja. Pembahasan arkeologi dalam penelitian-penelitian tersebut masih sebatas mendeskripsikan bahwa kejadian-kejadian tsunami purba adalah yang bertanggung jawab terhadap hilang dan/atau munculnya suatu peradaban, dan/atau rusaknya suatu bangunan,

misalnya pelabuhan seperti yang banyak dibahas dalam beberapa artikel yang disebutkan. Hingga sekarang masih belum ada yang membahas bagaimana respon masyarakat pada waktu itu terhadap kejadian tsunami di wilayah mereka.

Jika tsunami yang ditemukan adalah kejadian yang berulang di suatu wilayah, apakah terdapat usaha untuk memitigasi bencana tsunami tersebut oleh masyarakat atau peradaban pada waktu itu? Penelitian-penelitian di atas masih belum sampai detail ke arah penelitian untuk menjawab pertanyaan tersebut. Padahal seharusnya, studi geoarkeologi yang komprehensif membahas secara detail segala aspek geologi dan arkeologi yang bisa dipelajari, sehingga hasilnya dapat memberikan mengenai respon masyarakat pada masa lampau terhadap kejadian bencana. Informasi ini menjadi sangat penting karena jika masyarakat pada masa lampau mampu merespon kejadian bencana dengan baik, maka bentuk respon tersebut seharusnya dapat diaplikasikan pada masa kehidupan sekarang, sehingga upaya mitigasi bencana dapat ditingkatkan.

Ini adalah tantangan sekaligus peluang bagi studi geoarkeologi kebencanaan tsunami di Indonesia. Di Indonesia, studi geoarkeologi kebencanaan tsunami boleh di bilang belum ada yang melakukan, jika tolak ukurnya adalah studi yang telah dipublikasi dalam jurnal ilmiah nasional ataupun internasional yang bereputasi. Studi paleotsunami oleh Sieh et al. (2015, 308) di wilayah pantai barat Aceh dalam diskusinya menghubungkan salah satu kejadian paleotsunami pada abad 15 M dengan terdapatnya *cultural hiatus* di utara Sumatera pada abad tersebut. Kejadian paleotsunami tersebut dihipotesiskan telah menghancurkan peradaban-peradaban yang menurut sejarah ada hingga abad ke 15 M. Meskipun demikian, studi oleh Sieh et al. (2015) tersebut sebenarnya adalah studi geologi, namun dalam pembahasannya dikaitkan dengan sejarah peradaban yang ada pada masa/waktu kejadian paleotsunami yang berhasil mereka identifikasi.

Hasil studi geoarkeologi kebencanaan tsunami yang komprehensif akan mengidentifikasi tidak hanya waktu perulangan kejadian tsunami dan besarnya potensi ancaman tsunami di suatu wilayah, melainkan juga akan menjawab bagaimana dan seperti apa masyarakat pada zaman dahulu merespon adanya kejadian tsunami tersebut. Adakah *local wisdom* yang pada waktu itu bisa menyelamatkan masyarakat dari kejadian tsunami, sehingga meskipun tsunami berulang kali terjadi dan tercatat dalam rekaman geologi, namun peradabannya masih tetap berlanjut hingga suatu waktu tertentu. Hasil penelitian yang komprehensif ini tentu saja akan sangat bermanfaat dalam upaya mitigasi bencana tsunami bagi masyarakat saat ini di wilayah tersebut, karena bisa jadi karakter sumber dan ancaman tsunami di setiap wilayah/daerah itu berbeda, tergantung kondisi geologinya.

Winaya (2019, 339) menekankan bahwa nilai-nilai budaya yang dimiliki oleh masyarakat lampau, atau seringkali disebut sebagai kearifan lokal, merupakan salah satu kunci utama yang mampu membuka pemikiran masyarakat modern dalam mengatasi berbagai permasalahan yang dihadapi dewasa ini, termasuk dalam hal kebencanaan. Hal ini karena, masih menurut Winaya (2019, 339), pada hakikatnya terdapat benang merah yang menghubungkan kehidupan manusia Indonesia di masa lampau, masa kini, dan

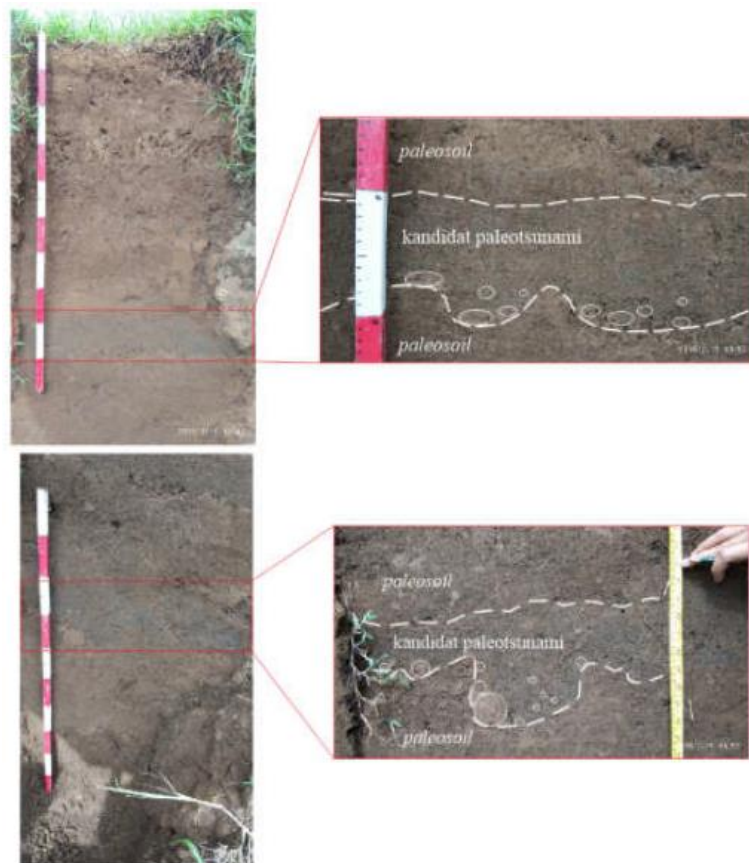
masa yang akan datang, mengingat semuanya itu hidup di wilayah geografis yang sama serta menganut nilai budaya yang mengakar kuat di dalam masyarakat.

Potensi studi geoarkeologi kebencanaan tsunami di Indonesia sangat besar. Hal ini dikarenakan banyak sekali situs-situs purbakala yang terletak/dibangun di kawasan pesisir di sepanjang pantai yang langsung menghadap ke zona subduksi sebagai salah satu sumber tsunami utama. Situs Batu Kalde di Pangandaran, Jawa Barat misalnya (Gambar 7), hanya terletak beberapa ratus meter dari garis pantai modern. Situs ini keberadaannya bisa jadi telah dipengaruhi oleh peristiwa tsunami yang berulang kali terjadi di Kawasan Pantai Pangandaran. Gambar 8 memperlihatkan singkapan salah satu lapisan paleotsunami di pesisir Selatan Jawa (Putra et al. 2018, 29). Putra et al. (2021, 33-38) dalam survei lapangan di Situs Batu Kalde menemukan bukti geologi lapisan kandidat paleotsunami, yakni berupa lapisan pasir yang berisi campuran antara berbagai jenis kerang dan pecahan gerabah (Gambar 9).



Gambar 7. Bagian dari Situs Batu Kalde yang terletak di kawasan wisata Pantai Pangandaran. (Sumber: Putra et al. 2021).

Hasil penelitian tim riset paleotsunami dari Pusat Penelitian Geoteknologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) sejak tahun 2006 menyimpulkan bahwa di wilayah Pangandaran khususnya dan selatan Jawa pada umumnya, telah terjadi paling tidak 4 kali tsunami raksasa sejak 3000 tyl. Putra et al. (2018, 2) mendeskripsikan salah satu bukti geologi kejadian tsunami raksasa yang berulang tersebut adalah ditemukannya lapisan pasir yang menerus, dengan kontak tegas terhadap lapisan di bawah dan di atasnya, dan sering kali dijumpai mikrofauna laut baik itu berupa foraminifera, diatom maupun radiolaria di dalam lapisan pasir tersebut. Salah satu atau beberapa kejadian tsunami raksasa tersebut sangat mungkin menjadi penyebab ditinggalkannya Situs Batu Kalde.



Gambar 8. Salah satu lapisan kandidat paleotsunami yang teridentifikasi di pesisir Selatan Jawa. (Sumber: Putra et al. 2018).



Gambar 9. Lapisan kandidat paleotsunami yang teridentifikasi pada penggalian di salah satu sisi luar Situs Batu Kalde di Pangandaran. (Sumber: Putra et al. 2021).

Di selatan Jawa, situs purbakala lainnya yang terletak di kawasan pesisir adalah Situs Watukoro di Purworejo. Bukan tidak mungkin jika pada masa lampau Situs Watukoro ini juga telah terdampak oleh kejadian tsunami. Meskipun demikian, hingga sekarang belum ada studi dan penelitian mengenai dampak tsunami masa lampau terhadap Situs Watukoro.

Sunarya (2012, 216) memetakan tinggalan arkeologi di wilayah Kabupaten Badung di selatan Bali. Beberapa situs terletak di pinggir pantai atau di kawasan pesisir, sehingga sangat menarik untuk dieksplorasi lebih lanjut dalam studi geoarkeologi kebencanaan tsunami. Pada sisi lain, Sunarya (2012, 233) juga mendeskripsikan bahwa banyak terdapat pura yang berlokasi di sempadan pantai. Pura tersebut di antaranya adalah Pura Batu Dihi, Pura Dalem, Pura Bangsing, dan tentu saja Pura Uluwatu. Menurut Sunarya (2012, 233), pura tersebut sangat penting keberadaannya namun sangat rawan dari ancaman bencana alam termasuk tsunami. Studi geoarkeologi diharapkan dapat memberi solusi dalam upaya mitigasi pura ini.

Di Sumatera, tentu saja terdapat beberapa situs/tinggalan arkeologi di sepanjang pantai barat. Pesisir barat Pulau Sumatera adalah salah satu wilayah di Nusantara yang berkembang menjadi bagian penting dari perdagangan maritim karena merupakan penghasil dua komoditi penting yaitu emas dan rempah (Purnawibowo dan Mochtar 2021, 100). Beberapa situs penting di sepanjang pesisir barat Pulau Sumatera adalah Situs Baros (Utomo 2015, 34) dan Situs Bongal (Purnawibowo dan Mochtar 2021, 101). Sementara itu, Taim (2016, 29) menceritakan bahwa dari hasil temuan muatan kapal karam di 80 mil utara pantai Cirebon, diperkirakan kapal karam ini berlayar pada sekitar abad ke-9 hingga 10 dan berasal dari situs-situs di wilayah bagian selatan pesisir barat Pulau Sumatera.

Di timur Indonesia yang kondisi tektoniknya jauh lebih aktif dibanding Indonesia bagian barat (Hall 2002, 356-357), studi paleotsunami masih belum banyak dilakukan. Demikian pula studi geoarkeologi di wilayah tersebut masih sangat terbatas. Ada studi menarik yang dilakukan di Pulau Seram, Maluku. Ririmasse (2016, 125-136) menyampaikan hasil riset terkini pada Situs Hatusua di Pulau Seram. Hasil uji penanggalan menyimpulkan usia peradaban hingga sekitar 1100 tyl. Ini sangat menarik dan penting untuk dipelajari lebih detil dalam studi geoarkeologi, karena potensi ancaman tsunami yang tinggi di wilayah ini sangat mungkin terekam juga dalam jejak-jejak arkeologi pada Situs Hatusua ini.

Masih di wilayah Maluku, di Kepulauan Aru terdapat *local wisdom* berupa nyanyian adat masyarakat Desa Longgar (Hasan 2017, 37-46). Keberadaan nyanyian ini menjadi sangat penting karena menyampaikan peristiwa-peristiwa yang terjadi pada masa lampau, salah satunya terkait dengan kejadian tsunami pada masa lampau. Salah satu lagu adat yang ada di wilayah tersebut adalah lagu *jarjinjin* (Hasan 2017, 41). Lagu ini mengkisahkan sejarah asal mula terjadinya gempa bumi dan tsunami di Pulau Eno dan Karang yang merupakan tempat tinggal leluhur masyarakat Aru. Dikisahkan pula bahwa kejadian tsunami tersebut telah menyebabkan Pulau Eno dan Karang terpecah belah dan sebagian daratannya tenggelam. Bait lain dalam lagu tersebut menceritakan bahwa masyarakat menyelamatkan diri dengan cara meninggalkan kedua pulau tersebut. Studi

geoarkeologi tsunami tentu saja sangat menarik dan penting untuk bisa dilakukan di wilayah ini.

Di daerah-daerah lain di wilayah Indonesia banyak di kenal memiliki *local wisdom* yang sangat penting dalam upaya mitigasi tsunami. *Smong* misalnya sangat terkenal dan telah berhasil hingga saat ini untuk mitigasi tsunami di Pulau Simeuleu, Aceh (Gadeng et al. 2007, 180-185). Di wilayah Palu dan Donggala sebenarnya juga terdapat *local wisdom* terkait bencana tsunami. Meskipun demikian, keberadaan *local wisdom* di beberapa daerah di Indonesia masih belum efektif dalam upaya mitigasi bencana tsunami. Hal ini dikarenakan sebagian masyarakat mulai tidak memedulikan keberadaan *local wisdom* dalam kehidupan sehari-hari. Paramita (2018, 38) mengidentifikasi salah satu penyebab ditinggalkannya *local wisdom* adalah modernisasi kehidupan sehari-hari dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang didasarkan pada prinsip rasionalitas justru membuat manusia kian berjarak dengan alam. Paramita (2018, 38) menegaskan bahwa hubungan intim dan mistik antara manusia dan alam menjadi sangat mekanistik dan tidak lagi ada *chemistry* antara manusia dan alam.

Seiring dengan berkembangnya kawasan pesisir di Indonesia maka dapat dipastikan risiko bencana tsunami di kawasan tersebut semakin meningkat. Oleh karena itu, upaya pembangunan pesisir di wilayah tersebut perlu disertai dengan upaya-upaya pengurangan risiko bencana yang dimulai dengan pemahaman ancumannya, sehingga segala kegiatan pembangunan yang tengah dilakukan dapat berkelanjutan. Pendekatan paleotsunami dan geoarkeologi dapat digunakan untuk mempelajari kejadian-kejadian tsunami pada masa lalu dalam kaitannya dengan kebudayaan. Dengan demikian, studi geoarkeologi kebencanaan menjadi komprehensif. Sumber tsunami di wilayah Indonesia yang beragam juga menjadi tantangan karena karakteristik sumber ancaman tsunami belum diketahui dengan baik. Untuk itu studi geoarkeologi kebencanaan yang komprehensif mutlak untuk dilakukan di seluruh wilayah Indonesia.

SIMPULAN

Salah satu upaya agar pembangunan dapat berlangsung secara berkelanjutan adalah dengan memperhatikan aspek lingkungan, khususnya potensi ancaman bencana alam di suatu wilayah, sejajar dengan aspek sosial dan aspek ekonomi. Demikian pula, salah satu upaya dalam penanggulangan bencana adalah dengan menemukannya potensi ancaman bencana yang dapat dilakukan dengan studi geoarkeologi kebencanaan. Studi geoarkeologi kebencanaan khususnya bencana tsunami sudah mulai dilakukan di berbagai belahan dunia, khususnya wilayah Eropa. Meskipun demikian, aspek arkeologi dalam studi-studi tersebut masih sangat kurang, sehingga respon masyarakat pada saat terjadi tsunami masih belum dapat teridentifikasi.

Studi geoarkeologi kebencanaan tsunami di Indonesia masih sangat terbatas meskipun potensi studi ini sangat besar karena banyak tinggalan arkeologi yang terletak di kawasan pesisir yang rawan ancaman tsunami. Studi paleotsunami di Indonesia masih terbatas dilakukan di selatan Jawa dan barat Aceh. Potensi penelitian paleotsunami di Indonesia sangat besar karena peluang ditemukannya lapisan paleotsunami cukup

besar. Hal ini dikarenakan banyak wilayah di Indonesia yang secara geomorfologi memiliki lingkungan yang menjadikan lapisan paleotsunami dapat terawetkan dan mudah ditemukan. Strategi yang perlu dilakukan untuk lebih meningkatkan studi geoarkeologi kebencanaan khususnya tsunami di Indonesia adalah meningkatkan kerja sama antara organisasi riset yang fokus dalam bidang geologi dan arkeologi. Kolaborasi dilakukan mengingat sumber daya manusia dalam bidang geoarkeologi di Indonesia masih terbatas.

Dalam rangka menunjang pencapaian tujuan pembangunan berkelanjutan, maka studi geoarkeologi kebencanaan tsunami yang komprehensif mutlak diperlukan. Arah dan kebijakan pembangunan nasional harus berdasarkan pada potensi ancaman bencana dan bagaimana upaya mitigasi bencana. Studi geoarkeologi kebencanaan yang komprehensif akan dapat memberikan informasi penting mengenai dua hal tersebut. Upaya mitigasi bencana dan implementasi dari sistem peringatan dini tsunami tidak akan bisa hanya dengan mengandalkan infrastruktur dan teknologi modern. Kearifan lokal terkait upaya mitigasi bencana tsunami menjadi suatu budaya turun temurun yang dapat terus diaplikasikan. Penelitian mendalam multidisiplin khususnya dalam bidang geoarkeologi kebencanaan sangat perlu dilakukan, agar tujuan pembangunan berkelanjutan dapat tercapai sehingga upaya mitigasi bencana akan bisa dilakukan dengan optimal.

CATATAN

Materi ini pernah dipresentasikan pada Seminar Nasional Arkeologi 2021: Arkeologi Indonesia Mencapai Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs) 2030. Diselenggarakan oleh Balai Arkeologi Jawa Barat, tanggal 7-9 Desember 2021 secara daring.

DAFTAR PUSTAKA

- Avsar, Ulas. 2019. "Sedimentary geochemical evidence of historical tsunamis in the Eastern Mediterranean from Oludeniz Lagoon, SW Turkey." *Journal of Paleolimnology*, 13: 373–385.
- Bappenas. 2017. "Terjemahan tujuan dan target global tujuan pembangunan berkelanjutan (TPB)/Sustainable Development Goals (SDGs)." p. 67. Jakarta: Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional
- Barham, Anthony. 2012. "Geoarcheological Approaches to the Validation of Holocene Paleotsunami Impacts and Stratigraphic Signatures on the Western Australian (WA) Coastline." *Quaternary International* 279-280.
- Bony, Guenaelle, Nick Marriner, Christophe Morhange, David Kaniewski, and Dogan Perinçek. 2012. "A high-energy deposit in the Byzantine harbour of Yenikapı, Istanbul (Turkey)." *Quaternary International* 266: 117–130.
- Bruins, Hendrik, Joseph A MacGillivray, Costas E Synolakis, Chaim Benjamini, Jorg Keller, Hanan J Kisch, Andreas Klugel, Johannes van der Plicht. 2008. "Geoarchaeological tsunami deposits at Palaikastro (Crete) and the Late Minoan IA eruption of Santorini." *Journal of Archaeological Science* 35(1):191–212.

- Gadeng, Ahmad Nubli. 2017. "Nilai Kearifan Lokal Smong dalam Mitigasi Bencana Tsunami di Kabupaten Simeuleu Provinsi Aceh." Thesis S2 Universitas Pendidikan Indonesia. Bandung.
- Goff, James, Chaterine Chague-Goff, Scott Nichol, Bruce Jaffe, and Dale Dominey-Howes. 2012. "Progress in Paleotsunami Research". *Sedimentary Geology* 243-244:70–88.
- Goodman-Tchernov, Beverly N, and James A Austin Jr. 2015. "Deterioration of Israel's Caesarea Maritima's ancient harbor linked to repeated tsunami events identified in geophysical mapping of offshore stratigraphy." *Journal of Archaeological Science: Reports* 3:444–454.
- Gutscher, Marc-Andre. 2005. "Destruction of Atlantis by a great earthquake and tsunami? A geological analysis of the Spartel Bank hypothesis". *Geology* 33(8):685–688.
- Hall, Robert. 2002. "Cenozoic geological and plate tectonic evolution of SE Asia and the SW Pacific: computer-based reconstructions, model and animations." *Journal of Asian Earth Sciences* 20(4):353–431.
- Hasan, Nita Handayani. 2017. "Nyanyian Adat Masyarakat Desa Longgar: Suatu Pendekatan Hermeneutika." *Kapata Arkeologi* 13(1):37–46.
- Hoffmann, Gosta, Christoph Grützner, Klaus Reicherter, and Frank Preusser. 2015. "Geoarchaeological evidence for a Holocene extreme flooding event within the Arabian Sea (Ras al Hadd, Oman)." *Quaternary Science Reviews* 113:123–133.
- Hutchinson, Ian, and Aron L Crowell. 2006. *Great Earthquakes and Tsunamis at the Alaska Subduction Zones: Geoarcheological Evidence of Recurrence and Extend*. Technical Report. Simon Fraser University.
- Latief, H., Puspito, N., Imamura, F. 2000. "Tsunami Catalog and Zones in Indonesia." *Journal of Natural Disaster Science* 22.
- Maselli, Vittorio, Davide Oppo, Andrew Moore, Aditya Riyadi Gusman, Cassy Mtelela, David Iacopini, Marco Taviani, Elinaza Mjema, Ernest Mulaya, Melody Che, Ai Lena Tomioka, Elisante Mshiu, and Joseph Ortiz. 2020. "A 1000-yr-old tsunami in the Indian Ocean points to greater risk for East Africa." *Geology* 48(8):808–813.
- MacCaffrey, Rob. 2008. "Global frequency of magnitude 9 earthquakes." *Geology* 36, 263-266.
- McFadgen, Bruce G, and James R Goff, J. 2007. "Tsunamis in the New Zealand Archaeological record." *Sedimentary Geology* 3-4:263–274.
- Paramita, I Gusti Agung. 2018. "Bencana, Agama dan Kearifan Lokal." *Dharmasmrti: Jurnal Ilmu Agama dan Kebudayaan* (18)1:36–44.
- Purnawibowo, Stanov, dan Agni Sesaria Mochtar. 2021. "Analisis Teknologi Pembuatan Perahu pada Temuan Sisa Perahu Kuno dari Abad VII M di Situs Bongal, Pantai Barat Sumatera." *KALPATARU Majalah Arkeologi* 30(2):99–112.
- Putra, Purna Sulastya, Praptisih, Septiriono Hari Nugroho, dan Nandang Supriatna. 2018. "Data Ancaman Gempa dan Tsunami Megathrust Selatan Jawa." Laporan

- Penelitian Sub Kegiatan: Penilaian Risiko Bencana. Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI. Bandung.
- Putra, Purna Sulastya, Eko Yulianto, Yuka Nurtanti Cahyaningtyas, Agus Men Riyanto, Januar Ridwan, Anwar Sanusi, A. 2021. "Studi Geoarkeologi Kebencanaan Pada Situs Batu Kalde, Pangandaran, Jawa Barat." Laporan Penelitian Arkeologi. Balai Arkeologi Jawa Barat. Bandung.
- Ririmasse, Marlon N. 2016. "Arkeologi Kawasan Hatusua di Seram bagian Barat Maluku: Hasil Penelitian Terkini dan Arah Pengembangannya." *Kapata Arkeologi* 12(2):125–136.
- Salim, Emil. 2010. "Paradigma Pembangunan Berkelanjutan." dalam *Pembangunan Berkelanjutan Peran dan Kontribusi Emil Salim* (p. 558). Jakarta: PT. Gramedia.
- Sieh, Kerry, Patrick Daly, Edwards E McKinnon, Jessica E Pilarczyk, Hong-Wei Chiang, Benjamin P Horton, Charles M Rubin, Chuan Chou Shen, Nazli Ismail, Christopher H Vane, and Michael Feener. 2015. "Penultimate predecessors of the 2004 Indian Ocean tsunami in Aceh, Sumatra: Stratigraphic, archeological, and historical evidence." *Journal of Geophysical Research* 120:308–325.
- Sunarya, I Nyoman. 2012. "Tinggalan Arkeologi di Wilayah Badung Selatan, Wujud Peradaban Dalam Pengelolaan Lingkungan." *Forum Arkeologi* 25(3):216.236.
- Taim, Eka Asih Putrina. 2016. "Keramik Muatan Kapal Karam Cirebon: Sebaran Situs-Situs Arkeologi Sumatera Bagian Selatan." *KALPATARU Majalah Arkeologi* 25(1):29–44.
- Tara, Beuzen-Waller, Stephen Pierre, Pavlopoulos Kosmas, Desruelles Stéphane, Marrast Anais, Puaud Simon, Giraud Jessica, Fouache Eric. 2019. "Geoarchaeological investigation of the Quriyat coastal plain (Oman)." *Quaternary International* 532:98–115.
- Utomo, Bambang Budi. 2015. "Bangkitlah Bangsa Bahari." Direktorat PCBM. Jakarta.
- Vott, Andreas, Helmut Bruckner, Simon Mathias May, Franziska Lang, Rainer Herd, and Svenja Brockmuller. 2008. "Strong tsunami impact on the Bay of Aghios Nikolaos and its environs (NW Greece) during Classical–Hellenistic times." *Quaternary International* 181(1):105–122.
- Vott, Andreas, Peter Fischer, Hann Hadler, Mathias Handl, Franziska Lang, Konstantin Ntageretzis, and Timo Willershauser. 2011. Sedimentary burial of ancient Olympia (Peloponnese, Greece) by high-energy flood deposits-the Olympia Tsunami Hypothesis. *2nd INQUA-IGCP-567 International Workshop on Active Tectonics, Earthquake Geology, Archaeology and Engineering* (p. 4). Corinth, Yunani: Inqua.
- Winaya, Atina. 2019. Peluang Penelitian Arkeologi dalam Mengisi Tujuan Pembangunan Berkelanjutan di Indonesia. dalam *Kebijakan Publik Berbasis Peradaban dalam Mewujudkan Rumah Indonesia* (p. 9). Jakarta: Pusat Penelitian Arkeologi Nasional.
- Yulianto, Eko. 2020. "Bencana Alam di Wilayah Indonesia dari Masa Prasejarah hingga Masa Klasik: Sebuah Tinjauan Geologi dan Geomitologi." dalam *Prosiding Seminar Nasional Arkeologi* (p. 14). Bandung: Balai Arkeologi Jawa Barat.

