

Identifikasi Situs Geologi Cekungan Soa - Flores, Sebagai Warisan Geologi

Identification of Geological Sites of the Soa Basin - Flores, as the Geological Heritages

Agustina Djafar, Ifan Yoga Pratama Suharyogi, Unggul Prasetyo Wibowo

Museum Geologi, Badan Geologi
Jalan Diponegoro No. 57 Bandung 40122 Indonesia

e-mail: agustinadjafar@gmail.com

naskah diterima 6 Januari 2019, selesai direvisi 20 Juni 2021, dan disetujui 5 Agustus 2021

ABSTRAK

Cekungan Soa secara geografis terletak pada koordinat 8° 39' 00" LS - 8° 46' 00" LS dan 121° 03' 00" BT - 121° 13' 00" BT dan secara administratif terletak di Kabupaten Ngada dan Kabupaten Nagekeo, Pulau Flores, Nusa Tenggara Timur. Cekungan Soa memiliki keragaman geologi yang unik dan dapat dikembangkan menjadi destinasi geowisata yang menarik. Tujuan studi ini adalah untuk menginventarisasi keragaman geologi di Cekungan Soa, mengklasifikasi peringkat nilai keragaman geologinya berdasarkan manfaatnya untuk selanjutnya dilakukan penilaian secara kuantitatif sebagai situs warisan geologi (*geoheritage*), dan merekomendasikan potensi situs warisan geologi tersebut untuk dikonservasi dalam bentuk Kawasan Cagar Alam Geologi (KCAG). Metode yang digunakan dalam studi ini berdasarkan "Standar teknis inventarisasi keragaman geologi dan Petunjuk Teknis Asesmen Sumberdaya Geologi" yang dikeluarkan oleh Pusat Survei Geologi pada tahun 2017. Ada 24 situs keragaman geologi di Cekungan Soa, yang memiliki peringkat nilai keragaman geologi menengah hingga terkemuka berdasarkan rekaman ilmiah dan fenomena geologi khusus untuk tujuan pendidikan maupun penelitian, sehingga pantas dijadikan sebagai *geoheritage*. Salah satunya adalah Situs Mata Menge yang memiliki nilai *scientific* sangat tinggi (91,25%). Dari hasil studi, kawasan Cekungan Soa direkomendasikan untuk dikonservasi menjadi KCAG.

Kata kunci: Cekungan Soa, geowisata, keragaman geologi, warisan geologi, Kawasan Cagar Alam Geologi

ABSTRACT

Soa Basin geographically situated at 8° 39' 00" S - 8° 46' 00" S and 121° 03' 00" E - 121° 13' 00" E in Ngada and Nagekeo District, Flores Island, East Nusa Tenggara. Soa Basin has unique geodiversity and can be developed into an interesting geotourism destination. This study aims to inventory the geological sites in the Soa Basin, to classify them as the *geoheritage* and to recommend them to be conserved in the form of Geoconservation Area (GCA). The method used in this study is based on the "Technical Standard of Geological Diversity Inventory and Technical Guidelines for Geological Resource Assessment" issued by the Geological Survey Center in 2017. There are 24 sites of geodiversities in the Soa Basin, which rank intermediate to prominent geological diversity values based on its scientific records and geological phenomena specifically for educational and research purposes, so the Soa Basin deserve to become as a *geoheritage*. Mata Menge, one of the site, has a very high scientific value of 91.25%. From the results of the assessment, it is recommended that the Soa Basin area be conserved as a GCA.

Keywords: Soa Basin, geotourism, geodiversity, *geoheritage*, Geoconservation Area

PENDAHULUAN

Keragaman geologi (*geodiversity*) adalah gambaran dari keragaman komponen geologi yang terdapat di suatu daerah, termasuk keberadaan, penyebaran dan keadaannya sehingga dapat

mewakili proses evolusi geologi dari daerah tersebut (Samodra, 2016). Komponen geologinya terdiri atas mineral, batuan, fosil, struktur geologi, bentangalam dan proses evolusi geologi. Keragaman dan keunikan geologi suatu

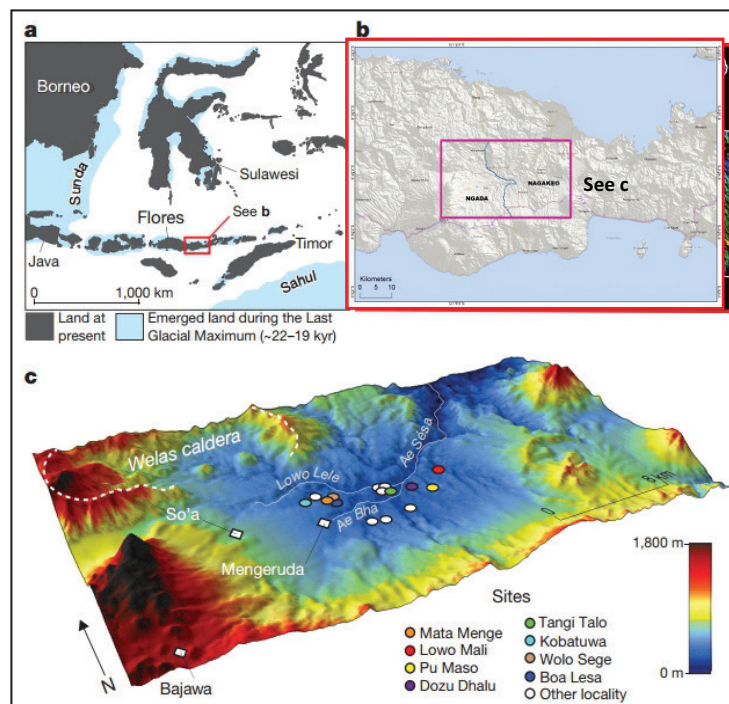
daerah memiliki nilai tersendiri, terutama dari segi sejarah pembentukan (evolusi geologi) dan keterdapatannya, dan menjadi salah satu nilai penting untuk ditetapkan sebagai warisan geologi (*geoheritage*).

Bentuk perlindungan warisan geologi dapat dalam bentuk Kawasan Cagar Alam Geologi (KCAG), sebagaimana yang termaktub dalam Peraturan Pemerintah Nomor 13 Tahun 2017 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Nasional (Anonim, 2017). Penilaian kelayakan keragaman geologi menjadi sebuah warisan geologi dapat didasarkan pada peringkatnya, yaitu apakah berperingkat internasional, nasional atau lokal. Pemeringkatan ini didasari oleh penentuan dan penilaian dari aspek pokok keragaman geologi, dan aspek lain yang dijabarkan dalam Petunjuk Teknis Asesmen Sumberdaya Warisan Geologi terbitan PSG (2017). Selanjutnya warisan geologi tersebut dapat dinilai peruntukan dan maknanya, yaitu sebagai makna ilmiah (*scientific*), makna edukasi, makna pariwisata dan sebagai perlindungan warisan geologi (*geoconservation*) dari

potensi kerusakan atau hilangnya sebuah situs warisan geologi.

Cekungan Soa (beberapa penulis menyebutnya dengan nama Cekungan Aesesa, Muroka, dr., 2000) secara geografis terletak pada koordinat $8^{\circ} 39' 00''$ LS - $8^{\circ} 46' 00''$ LS dan $121^{\circ} 03' 00''$ BT - $121^{\circ} 13' 00''$ BT dan secara administratif terletak di Kabupaten Ngada dan Kabupaten Nagekeo, Pulau Flores, Provinsi Nusa Tenggara Timur (Gambar 1). Cekungan Soa merupakan cekungan antargunung, yang dibatasi Gunung Ebulobo di sebelah selatan, Gunung Inielika di sebelah barat, Kaldera Welas di sebelah utara dan Gunung Keli Lambo di sebelah timur. Cekungan ini merupakan cekungan berbentuk elips dengan berukuran 20 km (T-B) x 15 km (U - S).

Cekungan Soa memiliki keragaman geologi yang unik. Salah satunya adalah adanya beberapa situs paleontologi, bahkan pada salah satu situsnya ditemukan fosil rahang bawah dan gigi mirip manusia purba *Homo floresiensis*. *H. floresiensis* adalah spesies manusia purba yang tubuhnya berukuran kerdil, tinggi sekitar



Gambar 1. Peta Cekungan Soa, yang secara administratif terletak di Kabupaten Ngada dan Nagekeo, (a) Peta tunjuk Pulau Flores, (b) Peta tunjuk Cekungan Soa, dan (c) sebaran situs di Cekungan Soa (Brumm, dr., 2016).

1 m, volume otak 380 cm³ (Brown, drr., 2004). Dengan demikian, situs tersebut merupakan warisan geologi yang harus dilindungi karena merupakan situs paleontologi tempat ditemukannya fosil manusia kerdil tertua di Asia Tenggara. Selain itu, di Cekungan Soa terdapat situs geologi lainnya seperti endapan danau, kaldera Gunung Welas, mata air panas Mengeruda dan bentangalam berpanorama indah (morfologi).

Tujuan studi ini adalah untuk menginventarisasi keragaman geologi di Cekungan Soa, mengklasifikasikan peringkat nilai keragaman geologinya berdasarkan manfaatnya untuk selanjutnya dilakukan penilaian secara kuantitatif sebagai situs warisan geologi (*geoheritage*), dan merekomendasikan potensi situs warisan geologi tersebut untuk dikonservasi dalam bentuk KCAG.

Morfologi Cekungan Soa umumnya merupakan dataran rendah dengan sebaran bukit-bukit kecil dan lembah-lembah terjal. Bukit-bukit kecil tersebut berbentuk kerucut dengan puncak membulat atau rata, tersebar tidak teratur berdiri

sendiri atau berjejer membentuk punggung (*ridge*). Ketinggian bukit-bukit tersebut berkisar antara 300 - 410 meter di atas muka laut.

Cekungan Soa dikelilingi oleh gunungapi purba maupun gunungapi yang masih aktif. Gunungapi yang masih aktif antara lain seperti Gunung Ebulobo dan Gunung Inerie, serta Gunung Inielika Tua dan Gunung Inielika Muda. Adapun gunungapi purba yang mengelilingi Cekungan Soa adalah Gunungapi purba Welas di utara, Gunungapi Purba Keli Lambo dan Keli Andora di timur, deretan kerucut sinder Bajawa di sebelah barat dan Gunungapi Purba Nage di barat daya. Stratigrafi regional Cekungan Soa dari tertua ke muda dapat dilihat pada gambar di bawah ini (Gambar 2).

METODE PENELITIAN

Studi ini bersifat eksploratif dan deskriptif. Eksplorasi dilakukan dengan menjajaki, mengenali, menemukan, dan menganalisis data-data geologi di Cekungan Soa, Flores. Hasil-hasil

Age	Stratigraphic Unit	Lithology
Holocene	Recent volcanics & alluvium	Tuffaceous sand and silt; lavafloes gravel, sand and silt
	Hiatus	
Early to Middle Pleistocene	Limestone Member	Thin-bedded micritic freshwater limestone and tuffaceous silt; minor tuffaceous sand
	Ola Bula Fm Sandstone Member	Tuffaceous sand and silt; debris flows; sheetflow deposit; conglomerate; minor white tuffs; increasingly fine-grained in upper part
	Tuff Member	White and pink pumice tuffs and tuffaceous silt and sand; minor fluvial channels
	Hiatus	
Late Pliocene	Ola Kile Fm	Andesitic breccia + minor tuffaceous silt and sand

Gambar 2. Stratigrafi Cekungan Soa (Suminto, drr., 2009 dengan modifikasi).

eksplorasi kemudian dideskripsikan untuk menentukan lokasi-lokasi keragaman geologi (*geodiversity*) di Cekungan Soa. Keragaman geologi tersebut lalu diidentifikasi untuk menentukan peringkat nilai keragaman geologi berdasarkan manfaatnya (Tabel 1), sesuai dengan *Standar teknis Inventarisasi Keragaman Geologi dan Identifikasi Warisan Geologi* (Bidang Geosains, 2017a).

Selain itu, penulis melakukan penilaian secara kuantitatif potensi suatu lokasi keragaman geologi sebagai situs warisan geologi (contoh kasus: Situs Paleontologi Mata Menge), yang meliputi penilaian *scientific*, edukasi, pariwisata dan resiko degradasi (Tabel 2). Penilaian kualitatif tersebut didasarkan pada *Petunjuk Teknis Asesmen Sumberdaya Warisan Geologi* (Bidang Geosains, 2017b).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Cekungan Soa merupakan cekungan antargunung yang dikelilingi oleh beberapa gunungapi, baik yang masih aktif maupun purba. Di bagian selatan Cekungan Soa, ada deretan gunungapi aktif Inerie, Inielika, dan di antara keduanya banyak dijumpai *cinder cone* (kerucut sinder) dan kerucut lava yang tersebar di sekitar Kota Bajawa, dengan arah sebaran relatif utara - selatan dan barat laut - tenggara. Di sisi timur Cekungan Soa ada gunungapi aktif Ebulobo, di bagian barat ada Kaldera Welas dan di bagian utara berupa batuan gunungapi tua, yang diduga sebagai sisa dari Gunungapi Purba Soa. Batuan Gunung Ebulobo dan batuan gunungapi tua itu

Tabel 2. Klasifikasi Penilaian Warisan Geologi berdasarkan penilaian *scientific*, edukasi, pariwisata dan resiko degradasi dalam Standar teknis Inventarisasi Keragaman Geologi dan Identifikasi Warisan Geologi (Bidang Geosains, 2017b).

Jumlah Nilai	Penilaian <i>Scientific</i>
< 200	Rendah
201 – 300	Sedang
301 – 400	Baik

tersingkap baik di daerah Boawae (Kabupaten Nagekeo) ke utara sampai dengan kota Mbay, Kabupaten Nagekeo (Kurniawan, 2012).

Batuan tertua yang mendasari Cekungan Soa berupa batuan gunungapi Formasi Ola Kile berumur Pliosen. Sedangkan bagian atas umumnya disusun oleh produk batuan gunungapi berumur Kuarter (Plistosen - Holosen) yang berasal dari berbagai sumber, di antaranya kelompok gunungapi aktif di daerah Bajawa - Mataloko (Gunung Inielika dan Kerucut Sinder Bajawa), Gunung Wolomeze, Gunung Kelilambo, Gunung Ratongamobho dan Gunung Ebulobo.

Berdasarkan hasil identifikasi, di Cekungan Soa terdapat 24 situs geologi (*geosite*), 16 di antaranya merupakan situs paleontologi, dan 5 di antaranya merupakan situs endapan danau.

Situs Paleontologi di Cekungan Soa terletak di situs Wolo Sege, Tangi Talo, Mata Menge, Wolo Milo, Kobatuwa, Boa Leza, Ola Bula, Perkampungan Ola Bula, Wolokeo, Sagala, Dozu Dhalu, Kopowatu, Ngamapa, Deko Weko, Pauphadhi dan Malahuma (Suminto, drr, 2009). Tiga lokasi yakni Mata Menge, Ola Bula dan Boa Leza merupakan situs di mana Theodor Verhoven

Tabel 1. Peringkat nilai Keragaman Geologi berdasarkan manfaatnya, dalam Standar teknis Inventarisasi Keragaman Geologi dan Identifikasi Warisan Geologi (Bidang Geosains, 2017a)

Nilai	Deskripsi dari Penilaian
Rendah	Mengandung rekaman ilmiah yang dapat dimanfaatkan untuk pengembangan ilmu kebumih dan penelitian.
Menengah	Mengandung rekaman ilmiah penting yang dapat dimanfaatkan untuk penelitian dan pendidikan.
Tinggi	Mengandung rekaman ilmiah, tatanan geologi atau bentangalam yang spesifik, bermakna sebagai bukti atas peristiwa-peristiwa geologi penting, dan mempunyai fungsi ekologi khusus yang dapat dimanfaatkan untuk penelitian, pendidikan, pemahaman alam dan konservasi.
Terkemuka	Mengandung rekaman ilmiah, tatanan geologi atau bentangalam yang spesifik, bermakna sebagai bukti atas peristiwa-peristiwa geologi penting, dan mempunyai fungsi ekologi lebih atau terkemuka yang dapat dimanfaatkan untuk penelitian, pendidikan, pemahaman alam dan budaya, konservasi, dan pariwisata berkelanjutan yang dapat memicu pertumbuhan nilai ekonomi lokal dan nasional.

melakukan ekskavasi antara 1957-1974. Seluruh situs tersebut terletak pada lapisan fluvio-lakustrin pada Anggota Batupasir Formasi Ola Bula, kecuali pada situs Tangi Talo yang terletak pada lapisan yang lebih tua yakni pada Anggota Tuff Formasi Ola Bula (van den Bergh, drr, 2001).

Dari ke-16 situs paleontologi, berikut dijabarkan beberapa temuan dari tiga situs paleontologi yang dianggap mewakili, yaitu Wolo Sege, Tangi Talo, dan Mata Menge.

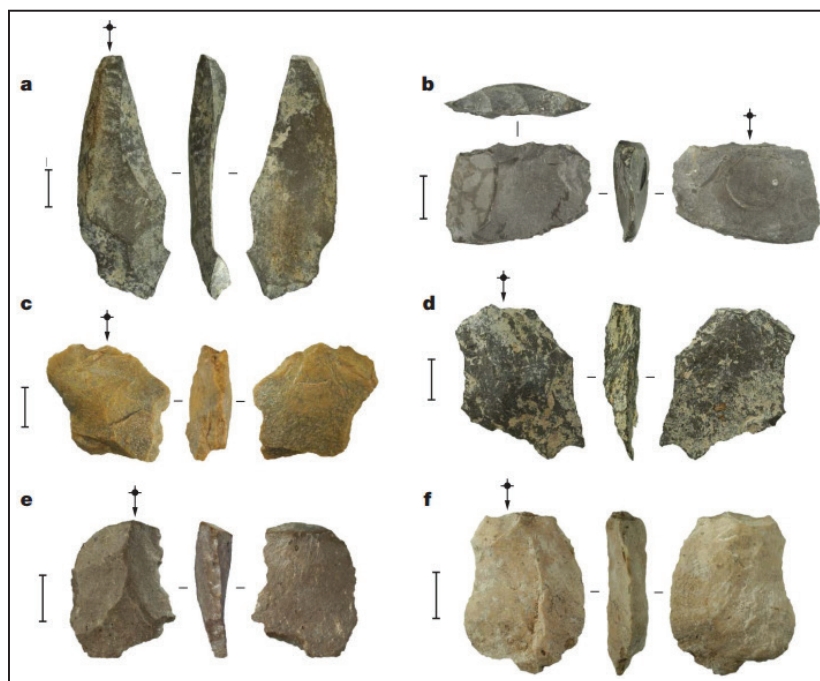
Situs Wolo Sege. Situs ini terletak pada koordinat $8^{\circ} 41' 26''$ LS dan $121^{\circ} 5' 59''$ BT serta berada pada sebuah lereng yang curam yang dikelilingi perbukitan. Situs ini berjarak 540 meter ke arah timur laut dari situs Mata Menge. Pada situs ini ditemukan artefak batuan pada lapisan konglomerat dan tidak ditemukan fosil (Suminto, drr, 2009). Artefak tersebut berbahan metavulkanik dan kalsedon (Gambar 3) (Brumm, drr, 2010). Berdasarkan pentarikhan umur menggunakan $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ diperoleh umur 1,01 juta tahun lalu (Brumm, drr, 2016).

Situs Tangi Talo. Situs ini terletak pada koordinat $8^{\circ} 41' 53,0''$ LS dan $121^{\circ} 8' 10,0''$ BT serta berada di lereng sebuah plato yang menghadap

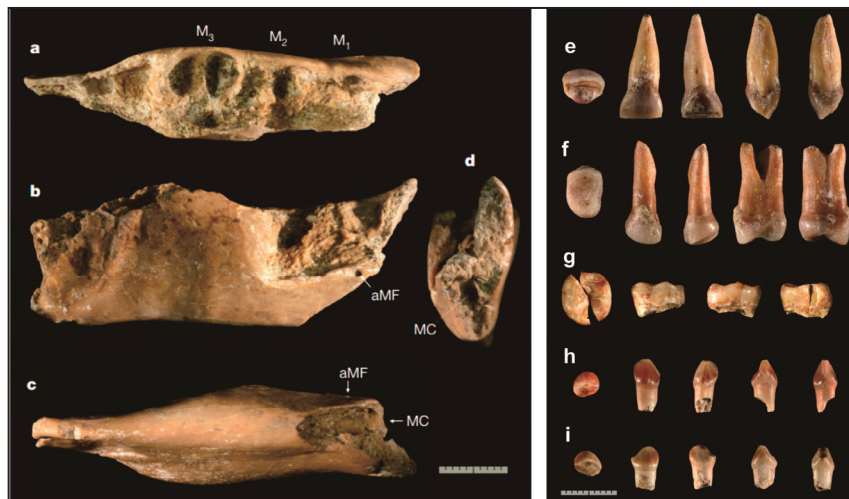
ke Sungai Ae Bha. Situs ini merupakan tempat penemuan fosil vertebrata tertua di Cekungan Soa yang berumur lebih dari satu juta tahun yang lalu (Puspaningrum, drr, 2014), yakni pada lapisan tufa (Aziz, drr, 2009). Fosil yang ditemukan adalah *Stegodon sondaari*, kura-kura darat raksasa dan *Varanus komodoensis*.

Situs Mata Menge. Situs ini terletak pada koordinat $8^{\circ} 41' 33,6''$ LS dan $121^{\circ} 5' 44,3''$ BT dan berada di lereng bukit pada ketinggian 325 m. Situs ini merupakan tempat ditemukannya manusia purba tertua di Flores, yakni mirip *Homo floresiensis* pada lapisan batupasir bagian atas dengan ketebalan 30 cm yang berumur 0,7 juta tahun lalu (van den Bergh, drr, 2016). Fosil manusia purba yang ditemukan berupa fragmen *mandible* dan enam gigi lepas (Gambar 4). Ditemukan juga fosil *Stegodon florensis*, *Hooijeromys nusatenggara*, *V. komodoensis*, Crocodilia, dan Aves (van den Bergh, drr, 2009; Brumm, drr, 2016). Ada pula artefak *flake* dari bahan rijang, kalsedon, riolit dan *core* dari bahan klorit (Brumm, drr, 2016).

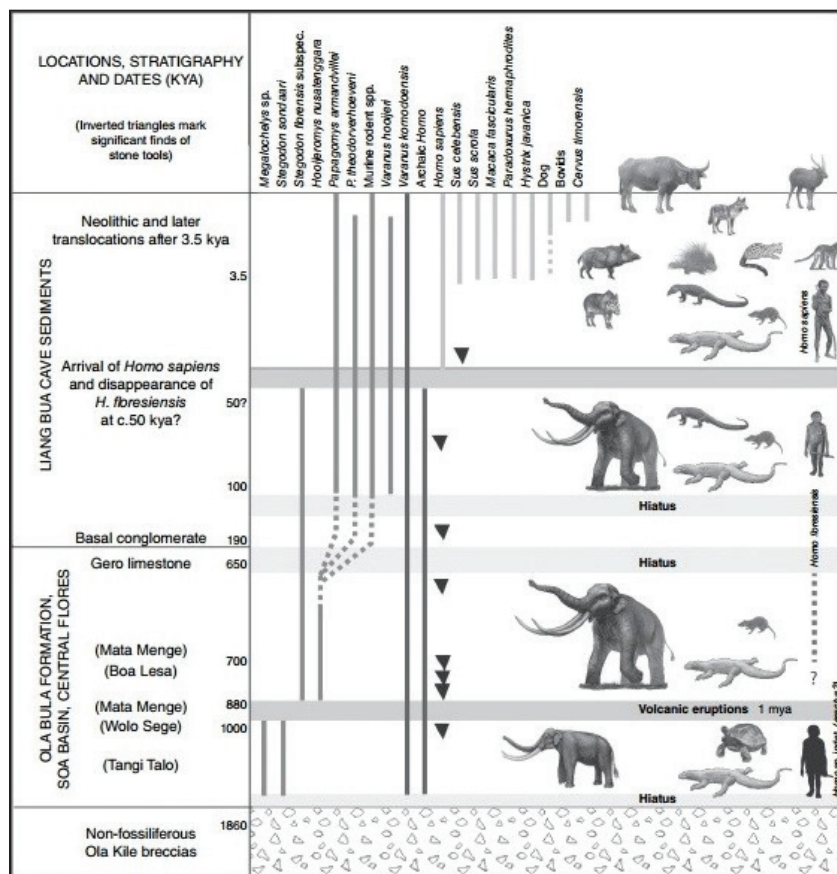
Dari temuan fosil tersebut dapat dibuat biostratigrafi di Cekungan Soa (Gambar 5) menjadi dua



Gambar 3. Artefak dari Wolo Sege (Brumm, drr, 2010). (a, b, e, f) Metavolcanic flakes, (c) flake kalsedon, dan (d) vulkanik flake.



Gambar 4. Fosil manusia purba dari Cekungan Soa (van den Bergh, drr, 2016). a-d pecahan rahang bawah (*mandible*) fosil manusia purba (SOA-MM4), (a) pandangan *occlusal*, (b) pandangan lateral, (c) pandangan inferior, (d) pandangan *anterior*, e-i gigi lepas, (e) SOA-MM2 (I¹ kiri), (f) SOA-MM5 (P³ kanan), (g) SOA-MM1 (M₁ kiri), (h) SOA-MM7 (d_c kiri), (i) SOA-MM8 (d_c kanan). Skala bar 10 mm.



Gambar 5. Biostratigrafi Flores berdasarkan suksesi fauna vertebrata (Bellwood, drr., 2017).

unit. Namun, proses migrasi manusia purba di Flores ini masih belum dapat diketahui dengan pasti, karena terdapat dua kemungkinan jalur

migrasinya, yakni menyeberang ke Flores dari arah barat ke timur dari Jawa atau melalui jalur utara dari Sulawesi (van den Bergh, drr, 2016).

Selain situs paleontologi, di Cekungan Soa dijumpai beberapa singkapan endapan danau purba. Salah satu pencirinya adalah ditemukannya beberapa lapisan diatomae (diatomit) pada beberapa lokasi singkapan, di antaranya di Mata Menge, Wae Bhia, Solo Rowa, Wulabara, dan Gero. Diatomit atau tanah diatomea adalah batuan sedimen silika, yang secara geologi terbentuk dari akumulasi dan pengendapan kulit atau kerangka diatomae (kelompok besar dari alga plankton dengan dinding sel berupa silika) dan terendapkan di danau atau nonmarin.

Keberadaan Danau Purba di Cekungan Soa telah diungkapkan oleh beberapa peneliti terdahulu, di antaranya O'Sullivan, drr. (2001) yang menyebutkan bahwa Cekungan Soa, pada masa keberadaannya, didominasi oleh danau atau beberapa seri danau. Begitu juga Suminto, drr. (2009) yang mengatakan keberadaan danau di Cekungan Soa pada masa antara 880 ribu hingga 650 ribu tahun yang lalu dikarenakan adanya penutupan dari jalur sungai utama, yaitu Sungai Aesesa akibat aktivitas tektonik dan vulkanik. Produk vulkanik berupa aliran piroklastik menutup aliran sungai utama di Cekungan Soa sehingga membagi sungai tersebut menjadi beberapa *palustrine*.

Endapan Danau Purba Wae Bhia merupakan endapan danau tertua di Cekungan Soa dan kemungkinan juga di Pulau Flores, karena berumur sekitar 1,5 juta tahun yang lalu (Tim Stratigrafi dan Paleontologi, 2017).

Berdasarkan hasil penelitian oleh Tim Stratigrafi dan Paleontologi PSG tahun 2017, ada lima komponen utama yang membentuk stratigrafi dari sekuen danau di Cekungan Soa, yaitu terdiri atas abu vulkanik (tefra), batulempung lanauan, diatomit, tanah purba (paleosol), dan batugamping (*caliche*).

Caliche merupakan endapan kalsium karbonat yang mengeras membentuk batugamping, umumnya pada lingkungan air tawar dan daerah kering (*arid*) dan *semiarid*. *Caliche* terbentuk sebagai hasil evaporasi, melalui proses *leaching* (pencucian), dari mineral-mineral yang

banyak mengandung CaO (misal plagioklas dan klinopiroksin) yang umumnya menyusun batuan vulkanik. Selama proses pelapukan dan pelarutan CaO bereaksi dengan CO₂ membentuk CaCO₃ dalam bentuk *caliche* dan tufa batugamping. Dalam proses pelarutan, air dalam bentuk H₂O lebih cepat menguap pada daerah kering. Akibatnya larutan CaCO₃ tertinggal dan terdepositkan selanjutnya terakumulasi, awalnya akan membentuk butiran, kemudian clumps (gumpalan) kecil, kemudian menebal membentuk lapisan tanah. Karena lapisan *caliche* sudah terbentuk maka lapisannya secara teratur akan menebal, bahkan dapat pindah ke material induk yang terhampar di bawah horizon tanah.

Di Cekungan Soa juga terdapat beberapa keragaman geologi lainnya, yaitu Kaldera Welas, mata air panas Mengeruda, dan bentangalam berpanorama indah Bukit Cinta.

Kaldera Welas. Kaldera Welas terletak di tepi barat laut Cekungan Soa, pada koordinat 8° 37' 38,5" LS dan 121° 2' 35,5" BT, secara administratif terletak di Desa Denatana, Kecamatan Wolomeze, Kabupaten Ngada. Kaldera Welas merupakan hasil erupsi besar pada Kala Pliosen Akhir, yang menyisakan kaldera dengan ukuran 15 km x 8 km yang terbuka ke arah tenggara (Muraoka, drr, 2002). Pembentukan Kaldera Welas menghasilkan ignimbrit yang tersusun oleh breksi pumis-skoria-litik serta tufa batugamping. Ignimbrit tersebut mempunyai ketebalan lebih dari 30 m, tersingkap baik di Wolo Bara dan menyebar di dalam Cekungan Soa hingga Boa Leza bagian bawah, Ruda Olok dan tebing hilir Sungai Wolo Watu (Kurniawan, 2012). Di dalam Kaldera Welas berkembang kerucut vulkanik baru yang diberi nama sebagai Wolo Mere dan Bukit Hardtop (Setiawan, drr, 2016).

Mata Air Panas Mengeruda. Mata Air Panas Mengeruda merupakan salah satu kolam pemandian air panas yang cukup ramai dikunjungi oleh wisatawan lokal maupun mancanegara. Mata air panas ini terletak di Desa Mengeruda, Kecamatan Soa, Kabupaten Ngada pada koordinat 8° 42' 33,8" LS dan 121° 5' 7,9" BT dan

merupakan mata air panas yang terletak di jalur vulkanik.

Mata air panas ini merupakan satu dari empat lokasi panas bumi yang memiliki manifestasi dengan debit air panas yang besar di daerah Bajawa (Muraoka, drr, 2000). Berdasarkan kandungan sulfatnya yang dominan, sumber mata air panas ini diperkirakan berasal dari Gunung Inielika (Muraoka, drr, 2005), yang merupakan gunungapi strato yang terletak di utara Bajawa. Walaupun sumber air panas Mengeruda dengan puncak Gunung Inielika berjarak 12 km, tetapi mata air panas ini terbentuk akibat sesar geser berarah barat-timur (Muraoka, drr, 2002).

Pemandian air panas ini terdiri atas beberapa kolam dengan tingkatan panas yang berbeda, salah satu di antaranya membentuk jeram yang mengalir langsung ke sungai di sekitar permukiman ini. Menariknya permukiman air panas ini merupakan tempat wisata pertama yang akan dikunjungi oleh wisatawan mancanegara, dikarenakan lokasinya dekat dari bandara udara Soa. Sebelum melanjutkan perjalanan ke Riung atau Kelimutu wisatawan biasanya mampir ke permukiman air panas ini.

Bentangalam Indah. Selain situs paleontologi sebagai situs unggulan, Cekungan Soa memiliki bentangalam berpanorama indah. Hal ini tidak lepas dari letak Cekungan Soa yang dikelilingi oleh beberapa gunungapi. Di Cekungan Soa juga terdapat bukit-bukit kecil berbentuk kerucut dengan puncak membulat atau rata, tersebar tidak teratur berdiri sendiri atau berjejer membentuk punggung. Bentuk morfologi tersebut terbentuk akibat proses pelapukan dan perbedaan litologi.

Bentuk bulat ditempati batuan kurang padu seperti tufa pasir, pasir atau pasir tufa, sedangkan bentuk rata batuan sangat padu umumnya adalah endapan danau berupa perselingan batulempung, abu vulkanik (tefra), lapisan diatom dan batugamping (Tim Stratigrafi dan Paleontologi, 2017).

Ada beberapa lokasi titik pandang untuk menikmati keindahan panorama padang sabana

dengan latar belakang perbukitan denudasional dan gunungapi di Cekungan Soa, salah satunya Bukit Cinta yang terletak di pinggir jalan poros Soa – Boawae di Desa Mengeruda, Kecamatan Soa, Kabupaten Ngada pada koordinat $8^{\circ} 42' 49,9''$ LS dan $121^{\circ} 7' 22,8''$ BT.

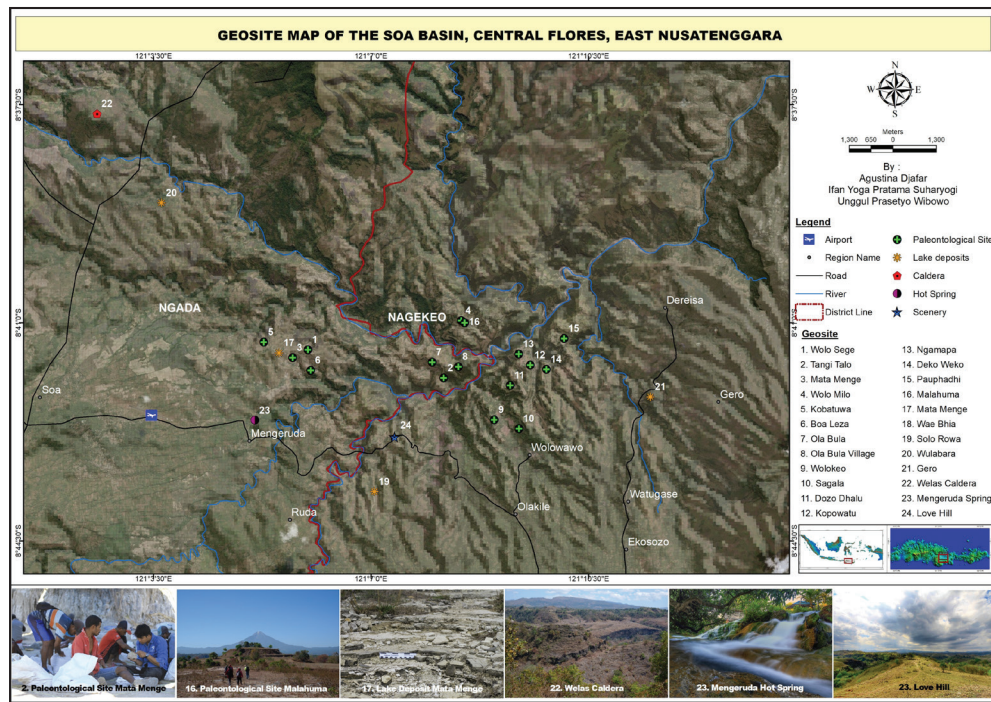
Berdasarkan hasil pengamatan dan identifikasi lapangan, diperoleh 24 situs keragaman geologi yang bisa dijadikan *geoheritage* (Gambar 6). Dari 24 situs tersebut kemudian dilakukan peringkat nilai keragaman geologi Cekungan Soa berdasarkan manfaatnya, dengan hasil yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Berdasarkan Tabel 3 ini, peringkat nilai keragaman geologi di Cekungan Soa memiliki nilai menengah hingga terkemuka, yaitu mengandung rekaman ilmiah, tatanan geologi atau bentangalam yang spesifik, bermakna sebagai bukti atas peristiwa-peristiwa geologi penting, dan mempunyai fungsi ekologi khusus yang dapat dimanfaatkan untuk penelitian, pendidikan, pemahaman alam, budaya dan konservasi. Oleh karenanya, keragaman geologi di Cekungan Soa tersebut dapat dikemas menjadi objek geowisata yang berbasis konservasi dan edukasi, sehingga dapat memicu pertumbuhan nilai ekonomi lokal dan nasional melalui pariwisata.

Dari hasil peringkat penilaian keragaman geologi di atas, dilakukan penilaian secara kuantitatif potensi keragaman geologi sebagai situs warisan geologi dengan contoh kasus Situs Paleontologi Mata Menge, yang meliputi penilaian *scientific* (Tabel 4), penilaian edukasi (Tabel 5), penilaian pariwisata (Tabel 6) dan penilaian resiko degradasi (Tabel 7). Penilaian kuantitatif tersebut didasarkan pada *Petunjuk Teknis Asesmen Sumberdaya Warisan Geologi* (Bidang Geosains, 2017b).

Dari penilaian keempat unsur tersebut diatas diperoleh total nilai 261,25%. Berdasarkan nilai tersebut maka Situs Paleontologi Mata Menge memiliki nilai warisan geologi “Sedang”.

Dengan demikian, situs Mata Menge yang merupakan situs paleontologi tempat ditemukannya manusia kerdil purba tertua di Flores, perlu



Gambar 6. Peta *Geosite* di Cekungan Soa.

Tabel 3. Peringkat nilai Keragaman Geologi Cekungan Soa berdasarkan manfaatnya dalam Standar Teknis Inventarisasi Keragaman Geologi dan Identifikasi Warisan Geologi (Bidang Geosains, 2017a).

No	Situs Geologi	Nilai Warisan Geologi
1	Situs Paleontologi Wolo Sege	Terkemuka
2	Situs Paleontologi Tangi Talo	Terkemuka
3	Situs Paleontologi Mata Menge	Terkemuka
4	Situs Paleontologi Wolo Milo	Tinggi
5	Situs Paleontologi Kobatuwa	Tinggi
6	Situs Paleontologi Boa Leza	Tinggi
7	Situs Paleontologi Ola Bula	Tinggi
8	Situs Paleontologi Kampung Lama Ola Bula	Menengah
9	Situs Paleontologi Woloceo	Tinggi
10	Situs Paleontologi Sagala	Tinggi
11	Situs Paleontologi Dozo Dhalu	Tinggi
12	Situs Paleontologi Kopowatu	Tinggi
13	Situs Paleontologi Ngamapa	Tinggi
14	Situs Paleontologi Deko Weko	Tinggi
15	Situs Paleontologi Pauphadhi	Tinggi
16	Situs Paleontologi Malahuma	Tinggi
17	Endapan Danau Mata Menge	Tinggi
18	Endapan Danau Wae Bhia	Tinggi
19	Endapan Danau Solo Rowa	Tinggi
20	Endapan Danau Wulabara	Tinggi
21	Endapan Danau Gero	Tinggi
22	Kaldera Welas	Tinggi
23	Mata Air Panas Mengeruda	Tinggi
24	Bukit Cinta	Menengah

Tabel 4. Bobot untuk berbagai kriteria yang digunakan untuk penilaian situs Paleontologi Mata Menge berdasarkan nilai - nilai *scientific* (Bidang Geosains, 2017b).

Kriteria	Bobot (%)
A. Lokasi yang mewakili kerangka geologi	30
B. Lokasi kunci penelitian	15
C. Pemahaman keilmuan	5
D. Kondisi lokasi/ situs geologi	15
E. Keragaman Geologi	3,75
F. Keberadaan situs warisan geologi dalam satu wilayah	15
G. Hambatan penggunaan lokasi	7,5
Total	91,25

Tabel 5. Bobot untuk berbagai kriteria yang digunakan untuk penilaian situs Paleontologi Mata Menge berdasarkan nilai - nilai edukasi (Bidang Geosains, 2017b).

Kriteria	Bobot (%)
A. Kerentanan	10
B. Pencapaian lokasi	2,5
C. Hambatan pemanfaatan lokasi	3,75
D. Fasilitas keamanan	7,5
E. Sarana pendukung	3,75
F. Kepadatan penduduk	1,25
G. Hubungan dengan nilai lainnya	5
H. Status lokasi	1,25
I. Kekhasan	5
J. Kondisi pada pengamatan elemen geologi	5
K. Potensi informasi pendidikan/penelitian	20
L. Keanekaragaman geologi	7,5
Total	62,5

Tabel 6. Bobot untuk berbagai kriteria yang digunakan untuk penilaian situs Paleontologi Mata Menge berdasarkan nilai - nilai pariwisata (Bidang Geosains, 2017b).

Kriteria	Bobot (%)
A. Kerentanan	10
B. Pencapaian lokasi	2,5
C. Hambatan pemanfaatan lokasi	3,75
D. Fasilitas keamanan	7,5
E. Sarana pendukung	3,75
F. Kepadatan penduduk	1,25
G. Hubungan dengan nilai lainnya	5
H. Status lokasi	3,75
I. Kekhasan	10
J. Kondisi pada pengamatan elemen geologi	2,5
K. Potensi interpretatif	7,5
L. Tingkat ekonomi	1,25
M. Dekat dengan area rekreasi	5
Total	63,75

Tabel 7. Bobot untuk berbagai kriteria yang digunakan untuk penilaian situs Paleontologi Mata Menge berdasarkan nilai - nilai resiko degradasi

Kriteria	Bobot (%)
A. Kerusakan terhadap unsur geologi	17,5
B. Berdekatan dengan daerah/ aktivitas yang berpotensi menyebabkan degradasi	5
C. Perlindungan Hukum	15
D. Aksesibilitas	3,75
E. Kepadatan Populasi	2,5
Total	43,75

segera ditetapkan sebagai salah satu warisan geologi karena memiliki nilai pendidikan tinggi berdasarkan tujuh kriteria penilaian ilmiahnya (*scientific value*). Situs-situs paleontologi di Cekungan Soa memiliki nilai sejarah tentang cikal bakal penemuan fosil vertebrata (fauna daratan Asia) di Pulau Flores. Demi untuk melindungi situs tersebut dari kerusakan, khususnya singkapan batuan dan beberapa lokasi penggalian (ekskavasi) di situs Mata Menge dan beberapa situs paleontologi lainnya di Cekungan Soa, penulis merekomendasikan dilakukannya konservasi dalam bentuk KCAG.

KESIMPULAN

Di Cekungan Soa, terdapat 24 situs keragaman geologi yang dapat untuk dijadikan sebagai

objek geowisata. Dari hasil peringkat nilai keragaman geologi berdasarkan manfaatnya, ke-24 situs geologi tersebut memiliki nilai warisan geologi menengah hingga terkemuka yang mengandung rekaman ilmiah dan fenomena geologi khusus untuk tujuan pendidikan maupun penelitian, sehingga pantas dijadikan sebagai *geoheritage*. Sebagai contohnya situs Mata Menge yang memiliki bobot penilaian 261,25% dengan nilai *scientific* yang sangat tinggi sebesar 91,25%. Dari hasil penilaian tersebut kawasan Cekungan Soa direkomendasikan untuk dikonservasi menjadi KCAG terutama untuk melindunginya dari kerusakan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada Bapak Iwan Kurniawan, Bapak Gerrit D. van den Bergh, Bapak Erick Setiyabudi, Bapak Ruly Setiawan, Bapak Dida Yurnaldi, Bapak Emma Yan Patriani, dan Bapak Agus Rozak yang telah memberi masukan dan membantu dalam pengumpulan data di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonimous, 2017. *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 13 tahun 2017 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Nasional*, Jakarta.
- Aziz, F., van den Bergh, G.D., Morwood, M.J., Hobbs, D.R., Kurniawan, I., Collins, J., and Jatmiko, 2009. *Excavation at Tengi Talo, Central Flores, Indonesia*, Special Publication Center of Geological Survey, 36, p.41-58.
- Bellwood, P., Groves, C., Argue, D., Matsu-mura, H., Oxenham, M., Simanjuntak, T., Yamagata, M., Cox, M., Piper, P.J., Blust, R., Tanudirjo, D.A., Hung, H., and Carson, M.T., 2017. *First Islanders: Prehistory and Human Migration in Island Southeast Asia*, John Wiley & Sons, Inc.

- Bidang Geosains, 2017a. *Standar Teknis Inventarisasi Keragaman Geologi dan Identifikasi Warisan Geologi*, Pusat Survei Geologi.
- Bidang Geosains, 2017b. *Petunjuk Teknis Asesmen Sumber Daya Warisan Geologi*, Pusat Survei Geologi.
- Brown, P., Sutikna, M., Morwood, M.J., Soejono, R.P., Jatmiko, Saptomo, E.W., and Due, R.A., 2004. *A New Small-Bodied Hominin from the Late Pleistocene of Flores, Indonesia*, Nature, 431, p.1055-1061.
- Brumm, A., Jensen, G.M., van den Bergh, G.D., Morwood, M.J., Kurniawan, I., Aziz, F., and Storey, M., 2010. *Hominins on Flores, Indonesia, by one million years ago*, Nature, 464, p.748-752.
- Brumm, A., van den Bergh, G.D., Storey, M., Kurniawan, I., Alloway, B.V., Setiawan, R., Setiyabudi, E., Grün, R., Moore, M.W., Yurnaldi, D., Puspaningrum, M.R., Wibowo, U.P., Insani, H., Sutisna, I., Westgate, J.A., Pearce, N.J.G., Duval, M., Meijer, H.J.M., Aziz, F., Sutikna, T., Van der Kaars, S., Flude, S., and Morwood, M.J., 2016. *Age and Context of the Oldest Known Hominin Fossils from Flores*, Nature, 534, p.249-253.
- Kurniawan, I., 2012. Laporan Penelitian Paleontologi Vertebrata Cekungan Soa, Flores, Pusat Survei Geologi, Bandung.
- Muraoka, H., Nasution, A., Urai, M., Takahashi, M., and Takashima, I., 2000. *Regional Geothermal Geology of The Ngada District, Central Flores, Indonesia*. Proceedings World Geothermal Congress 2000, 1473-1478.
- Muraoka, H., Nasution, A., Urai, M., Takahashi, M., Takashima, I., Simanjuntak, J., Sundhoro, H., Aswin, D., Nanlohy, F., Sitorus, K., Takahashi, H., and Koseki, T., 2002. *Tectonic, Volcanic and Stratigraphic Geology of the Bajawa Geothermal Field, Central Flores, Indonesia*, Bulletin of the Geological Survey of Japan, 53 (2/3), p.109-138.
- Muraoka, H., Nasution, A., Simanjuntak, J., Dwipa, S., Takahashi, M., Takahashi, H., Matsuda, K., and Sueyoshi, Y., 2005. *Geology and Geothermal Systems in the Bajawa Volcanic Rift Zone, Flores, Eastern Indonesia*. Proceedings World Geothermal Congress 2005.
- O'Sullivan, P.B., Morwood, M., Hobbs, D., Aziz, F., Suminto, Situmorang, M., Raza, A., and Maas, R., 2001. *Archaeological Implications of the Geology and Chronology of the Soa Basin, Flores, Indonesia*. Geology, 29 (7), p.607-610.
- Puspaningrum, M.R., Van den Bergh, G.D., Chivas, A., Setiabudi, E., Kurniawan, I., Brumm, A., and Sutikna, T., 2014. *Preliminary Result of Dietary and Environmental Reconstructions of Early to Middle Pleistocene Stegodons from the So'a Basin of Flores, Indonesia, Based on Enamel Stable Isotope Records*, IVth International Conference on Mammoths and their Relatives, p.164-165.
- Samodra, H., 2016. *Kriteria, Pengembangan dan Rencana Induk Geowisata*, Badan Geologi.
- Setiawan, R., Yurnaldi, D., Wahyudiono, M., Sopyan, Y., Wiji, Insani, H., Suharyogi, I.Y.P., Saputra, S.E.A., Aziz, F., Setiyabudi, E., Kurniawan, I., and Rohman A., 2016. Laporan Kegiatan Survei Paleontologi Vertebrata di Cekungan Soa, Propinsi NTT, Pusat Survei Geologi.
- Suminto, Morwood, M.J., Kurniawan, I., Aziz, F., van den Bergh, G.D., and Hobbs, D.R., 2009. *Geology and Fossil Sites of the Soa Basin, Flores, Indonesia*, Special Publication, 36, p.19-40.
- Tim Stratigrafi dan Paleontologi, 2017. Laporan Stratigrafi dan Paleontologi Propinsi NTT: Cekungan Soa, Flores, Pusat Survei Geologi.
- van den Bergh, G.D., de Vos, J., and Sondaar, P.Y., 2001. *The Late Quarternary Palaeogeography of Mammal Evolution in the Indonesian Archipelago*, Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 171, p.385-408.
- van den Bergh, G.D., Kurniawan, I., Morwood, M.J., Lentfer, C.J., Suyono, Setiawan, R., and Aziz, F., 2009. *Environmental Reconstruction of the Middle Pleistocene Archaeo-*

- logical/Palaeontological Site Mata Menge, Flores, Indonesia*, Special Publication Center of Geological Survey, 36, p.59-94.
- van den Bergh, G.D., Kaifu, Y., Kurniawan, I., Kono, R.T., Brumm., A., Setiyabudi, E., and Aziz, F., and Morwood, M.J., 2016. *Homo floresiensis-like fossils from the early Middle Pleistocene of Flores*, Nature, 534, p.245-248.