



Tinjauan Kontribusi Fosil dalam Penetapan Warisan Geologi *An Overview of Fossil Contributions to Geoheritage Determination*

Kresna Tri Dewi, Erik Setiyabudi, Riecca Oktavitania dan Hanang Samodra

Pusat Survei Geologi, Jalan Diponegoro 57 Bandung

Email: Kresna.tri@esdm.go.id atau ktdewi2004@yahoo.com

Naskah diterima: 12 Juli 2023, Revisi terakhir: 20 November 2023, Disetujui: 21 November 2023 Online: 22 November 2023

DOI: <http://dx.doi.org/10.33332/jgsm.geologi.v24i4.804>

Abstrak-Dokumen usulan penetapan situs warisan geologi dari Pemerintah Daerah Kota, Kabupaten dan Provinsi di Indonesia makin meningkat sejak beberapa tahun terakhir ini. Situs Warisan Geologi tersebut ditetapkan berdasarkan keragaman komponen geologi (batuan, mineral, struktur, bentang alam dan fosil) yang memiliki nilai lebih sebagai suatu warisan terkait rekaman atas suatu peristiwa geologi. Hingga pertengahan tahun 2023 telah terbit 11 (sebelas) Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral yang menetapkan 236 situs warisan geologi kepada 12 (duabelas) Kabupaten dan 2 (dua) Provinsi di Indonesia. Komponen fosil berkontribusi pada 28 situs warisan geologi dalam memberi sumbangsih bernilai ilmiah lokal hingga terkemuka dengan ditemukannya beragam fosil di Kabupaten Merangin, Tulungagung dan Gorontalo. Ketersediaan data fosil mendukung data suatu daerah yang mengajukan penetapan warisan geologi. Tujuan dari tulisan ini adalah menyediakan data fosil di beberapa daerah yang belum memasukkan komponen fosil. Selain itu juga menyajikan contoh proses penetapan warisan paleontologi sebagai bagian dari konservasi geologi di masa depan. Data paleontologi mempunyai nilai-nilai ilmiah, edukasi dan pariwisata berbasis geologi yang perlu dilindungi (geokonservasi). Hal ini dalam upaya memberi manfaat peningkatan perekonomian baik langsung maupun tidak langsung kepada masyarakat.

Katakunci: Warisan Geologi, fosil, nilai ilmiah, edukasi, konservasi

Abstract-The proposed documents for determination of geological heritages (geosites) from City, Regency and Provincial Governments in Indonesia have increased since a few years ago. The geoheritage sites are designated based on the diversity of geological components (rock, mineral, structure, landscape and fossil) which have high values as geoheritage related to record of geological events. Until mid of 2023, 11 (eleven) Decrees of the Minister of Energy and Mineral Resources have been issued to determined 236 geosites for 12 Regencies and two Provinces in Indonesia. The fossil component plays a role in 28 geosites at local to outstanding scientific values by finding diverse fossils in Merangin, Tulungagung and Gorontalo Regencies. The availability of fossil data support the local governments during the process of geoheritage assignment. The purpose of this paper is to provide fossil data in several areas which has not included the fossil component. Furthermore, it also provides some examples of determination processes for paleontological heritage as part of geoconservation in the future. This paleontological data has scientific, educational and geology-based tourism values that need to be protected (geoconservation). This is part an effort to benefit the economy, both directly and indirectly, to the community.

Keywords: geoheritage, fossil, scientific values, education, conservation

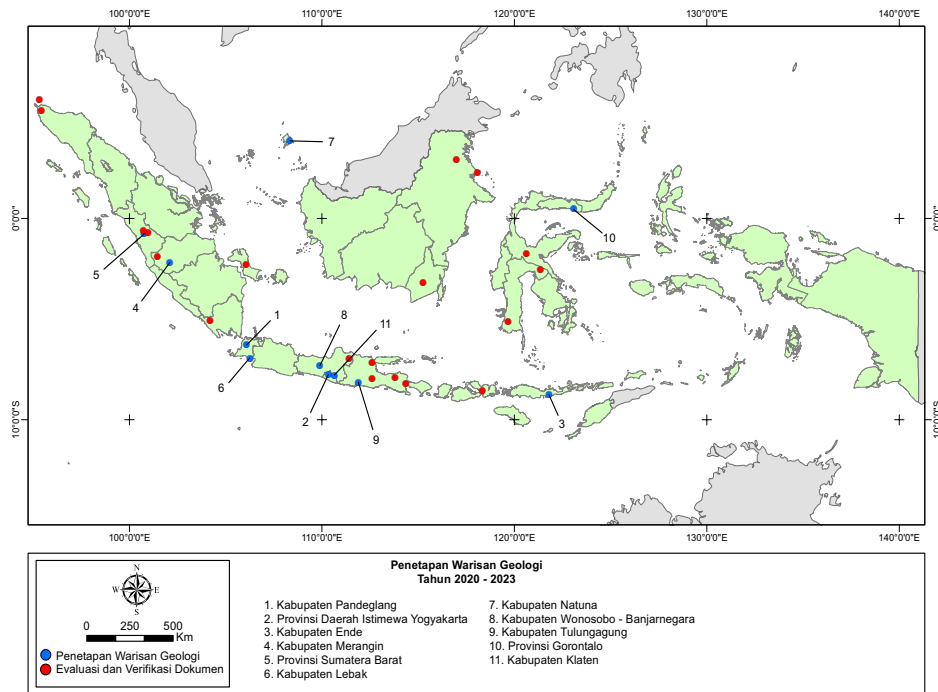
PENDAHULUAN

Usulan dokumen penetapan Warisan Geologi (*Geoheritage*) yang diajukan oleh Pemerintah Daerah Kota, Kabupaten dan Provinsi makin meningkat dalam beberapa tahun terakhir (Gambar 1). Proses penetapan warisan geologi melalui beberapa tahap sesuai Peraturan Menteri Energi dan

Sumber Daya Mineral Nomor 1 Tahun 2020 tentang Pedoman Penetapan Warisan Geologi. Pedoman tersebut diantaranya untuk menilai kelayakan keragaman geologi (batuan, fosil, struktur geologi, bentang alam, dan proses evolusi geologi) menjadi sebuah warisan geologi. Penilaian aspek pokok keragaman geologi dan aspek lainnya sebagai dasar pengkriteriaan sebuah warisan geologi termasuk peringkat lokal, nasional atau internasional. Warisan geologi (*geoheritage*) dari suatu daerah yang memenuhi kriteria kemudian ditetapkan melalui Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (KepMen ESDM) untuk dilindungi, dilestarikan dan dimanfaatkan sebagai objek penelitian, pendidikan kebumian, dan geowisata.

Dalam kurun waktu tahun 2020-2023, telah diterbitkan 11 (sebelas) Keputusan Menteri ESDM tentang Penetapan Warisan Geologi (Tabel 1),

Jumlah situs warisan geologi yang telah ditetapkan di 11 (sebelas) daerah sebanyak 236 dengan sebaran yang bervariasi antara 13 dan 38 di setiap daerahnya. Jumlah terendah dimiliki oleh Kabupaten Klaten sebanyak 13 situs warisan geologi) dan tertinggi di Provinsi Sumatera Barat (38 situs warisan geologi). Setiap situs warisan geologi tersebut memiliki beragam komponen geologi yang terdiri dari batuan, mineral, fosil, struktur geologi dan bentangalam. Setiap situs komponen geologi tersebut dapat selalu ada atau tidak ada atau gabungan dari beberapa komponen yang berkontribusi pada penetapan suatu situs warisan geologi. Hasil kompilasi situs warisan geologi pada daerah yang telah ditetapkan menunjukkan bahwa komponen batuan dan komponen bentangalam serta komponen struktur geologi selalu ada di semua daerah penetapan. Hal ini berbeda dengan komponen mineral dan fosil tidak selalu ada di setiap daerah yaitu komponen mineral hanya mendukung pada 14 situs warisan geologi. Komponen fosil yang ditetapkan sebagai warisan geologi sebanyak 28, yaitu di Kabupaten Pandeglang, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, Kabupaten Merangin, Kabupaten Lebak, Kabupaten Tulungagung, Kabupaten Gorontalo, dan Kabupaten Klaten (Tabel 2 dan Gambar 2)



Sumber : Dokumen Permen ESDM tentang Penetapan Warisan Geologi

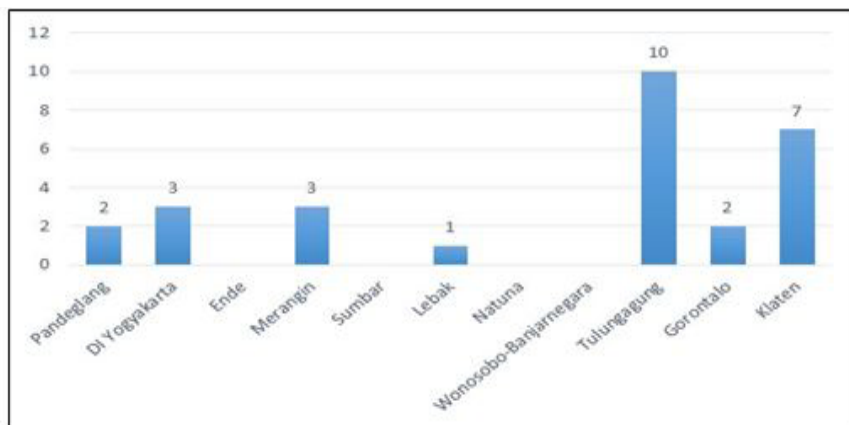
Gambar 1. Sebaran lokasi warisan geologi yang telah ditetapkan (●) dan lokasi yang sedang dalam proses penetapan (●)

Tabel 1 Daerah yang telah ditetapkan berdasarkan Keputusan MESDM 2020-2023

No.	Daerah Penetapan Warisan Geologi	Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral, Nomor:	Tanggal penetapan
1	Kabupaten Pandeglang, Provinsi Banten	054 K/40/MEM/2020	21 Februari 2020
2	Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta	13.K/HK.01/MEM.G/2021	28 Januari 2021
3	Kabupaten Ende, Provinsi Nusa Tenggara Timur	115.K/HK.02/MEM.G/2021	29 Juni 2021
4	Kabupaten Merangin, Provinsi Jambi	179.K/HK.02/MEM.G/2021	23 September 2021
5	Provinsi Sumatra Barat	191.K/HK.02/MEM.G/2021	4 Oktober 2021
6	Kabupaten Lebak, Provinsi Banten	164.K/HK.02/MEM.G/2022	29 Juni 2022
7	Kabupaten Natuna, Provinsi Kepulauan Riau	61.K/GL.01/MEM.G/2023	31 Maret 2023
8	Kabupaten Wonosobo dan Banjarnegara, Provinsi Jawa Tengah	62.K/GL.01/MEM.G/2023	31 Maret 2023
9	Kabupaten Tulungagung, Provinsi Jawa tlmur	63.K/GL.01/MEM.G/2023	31 Maret 2023
10	Kabupaten Bone Bolango, Gorontalo, Gorontalo Utara, dan Boalemo, Provinsi Gorontalo	150.K/GL.01/MEM.E/2023	3 Juli 2023
11	Kabupaetn Klaten, Jawa tengah	246.K/GL.01/MEM.G/2023	11 Agustus 2023

Tabel 2. Hasil Penetapan Situs, Komponen dan Kriteria Warisan Geologi 2020-2023

No.	Daerah Provinsi / Kabupaten	Jumlah situs Warisan Geologi	Komponen geologi yang ada di setiap situs Warisan Geologi					Kriteria		
			Batuan	Bentang Alam	Struktur Geologi	Mineral	Fosil	Lokal	Nasional	Inter-nasional
1	Pandeglang	14	14	6	5	-	2	12	2	-
2	DI Yogyakarta	20	20	11	4	1	3	11	7	1
3	Ende	20	20	9	3	-	-	13	6	1
4	Merangin	18	14	13	1	-	3	14	1	3
5	Sumbar	38	36	30	18	2	-	33	5	-
6	Lebak	32	32	18	2	1	1	27	4	1
7	Natuna	15	15	10	7	-	-	13	2	-
8	Wonosobo-Banjarnegara	23	23	23	23	-	-	22	1	-
9	Tulungagung	19	19	18	3	5	10	11	7	1
10	Gorontalo	24	24	24	6	-	2	19	5	-
11	Klaten	13	13	1	3	5	7	7	4	2
Total		236	230	163	75	14	28	182	44	9



Sumber: Kompilasi dari Keputusan Menteri ESDM Tahun 2020-2023

Gambar 2. Kontribusi komposisi fosil di setiap daerah hasil penetapan

Komponen fosil yang ditemukan cukup beragam berupa fosil foraminifera, flora, fauna, dan tengkorak manusia purba. Penemuan fosil dari skala mikro hingga menengah telah membawa suatu situs geologi tersebut pada peringkat lokal, nasional dan internasional. Keragaman fosil skala mikro umumnya memberi kontribusi dalam proses pengkriteriaan warisan geologi pada tingkat lokal hingga nasional. Sedangkan fosil skala makro seperti fosil kayu di Kabupaten Merangin dan tengkorak, rahang dan

gigi *Homo sapiens* di Kabupaten Tulungagung telah berkontribusi pada tingkat internasional (Tabel 3). Kontribusi penemuan fosil flora pada tingkat internasional dibuktikan dengan karya tulis dalam publikasi internasional diantaranya Jongmans & Gothan, (1935 dalam van Gorsel, 20), van Waveren dkk. (2005, 2007), Booi dkk. (2008) dan publikasi nasional (Hasibuan dkk., 2000, Andianto dkk., 2018). Penemuan fosil flora tersebut sebagai salah satu bukti /petunjuk pembentukan Pulau Sumatra pada periode Perem atau sekitar 298-251 juta tahun lalu.

Tabel 3. Komponen fosil yang berkontribusi dalam penetapan situs warisan geologi

No.	LOKASI	NAMA SITUS WARISAN GEOLOGI	HASIL PEMBANDINGAN	KOMPONEN GEOLOGI UNGGULAN DARI FOSIL
1	Kabupaten Pandeglang	Bongkah Batugamping tsunami 1883	WG Nasional	Fragmen fosil koral sebagai hancuran terumbu. Masa dasar batuan disusun oleh pecahan cangkang makrofosil
2		Endapan Tsunami Pantai Cimemu	WG Nasional	Fragmen fosil koral dan bivalvia pada endapan tsunami 1883
3	Provinsi DIY	Formasi Nanggulan Eosen Kalibawang	WG Nasional	Fosil polen, foraminifera dan moluska dan sebagai lokasi tipe Formasi Nanggulan berumur Eosen-Oligosen
4		Batugamping Eosen	WG Nasional	Fosil foraminifera (<i>Pellatispira orbitoidea</i> , <i>Discoeyclina dispansa</i> , <i>Nummulites gerthi</i> berumur Eosen.) <i>Asterocyclus</i> dan <i>Biplanispira</i> berumur 42-36 jtl
5		Biotubasi Kali Ngalang	WG Nasional	Fosil foraminifera besar dari <i>Lepidocyclus</i> , <i>Cyclochypus</i> , <i>Myogypsinia</i> dan foraminifera kecil planktonik berumur umur Miosen Awal
6	Kabupaten Merangin	Fosil Kayu Teluk Gedang	WG Internasional	Fosil kayu <i>Araucarioxylon</i> tinggi 2,40m dan diameter 1,60m. Fosil ini tertanam pada batuan sedimen Formasi Menekarang berumur Perem Awal
7		Fosil Daun Muara Karing	WG Internasional	Fosil daun <i>Macroleptopterid</i> , <i>Pecopterid</i> , <i>Cordaites</i> tertanam pada lapisan serpih Formasi Mengkarang berumur Perem Awal
8		Serpih Hitam Berfosil Formasi Menekarang	WG Internasional	Fosil brakiopoda, ammonit, krinoid, fosil daun gigantopterid, tunggul pohon <i>Calamites</i> dan <i>Taeniopteris</i> pada Formasi Mengkarang berumur Perem Awal
9	Kabupaten Lebak	Fosil Kayu Sempur	WG Nasional	Fosil batang kayu yang telah mengalami proses silifikasi dengan komposisi mineral utamanya adalah kuarsa.
10	Kabupaten Tulungagung	Hipostatotipe Formasi Nampol, Sungai Nyama	WG Nasional	Fosil foraminifera besar, planktonik dan bentonik besar dan kecil pada batugamping berumur tidak lebih tua dari Miosen Tengah pada batugamping
11		Fosil di Gua Geoarkeologi, Song Gentong	WG Nasional	Fosil foraminifera, Koral, Ganggang hijau, Moluska pengisi gua berumur Miosen Tengah
12		Lapisan Berfosil Pantai Sanggar	WG Nasional	Fosil foraminifera planktonik, bentonik kecil, bentonik besar, kepiting, fosil jejak dan terumbu karang. Umur Miosen Awal-Miosen Tengah
13		Pantai Ngahr	WG Lokal	Cangkang foraminifera (<i>Schlumbergerella</i> sp.) dan terumbu karang berumur Holosen
14		Gua berfosil Tenggar	WG Nasional	Foraminifera planktonik, foraminifera bentonik, vertebrata tengkorak karbu, sisa manusia berumur Miosen Awal
15		Morfostuktur Gumung Pegat	WG Lokal	Foraminifera bentonik besar dan kecil (rotalid), koral, ganggang hijau dijumpai pada batugamping dari Formasi Campurdarat berumur Miosen Awal
16		Gua Geoarkeologi Wajak	WG Internasional	Fosil tengkorak, rahang dan gigi <i>Homo sapiens</i> awal (40.000-35.000 tahun yang lalu)
17		Teras Pantai Kedung Tumpang	WG Nasional	Fosil foraminifera bentik besar, koral, bivalvia, gastropoda, coelenterata dan elkinoid. Umur batuan Miosen Awal-Miosen Tengah (Te2-Tf1)
18		Ketidake-larasan Winong	WG Nasional	Lapisan batugamping mengandung cetakan moluska dan fosil jejak berumur Miosen
19		Kontak Stratigrafi Bukit Cimemu	WG Nasional	Foraminifera bentonik besar dan ganggang pada batugamping pasiran dari Formasi Wonosari berumur Miosen Akhir
20	Provinsi Gorontalo	Fosil kayu Tahpo	WG Lokal	imbrikasi fosil kayu pada lapisan batupasir yang terendapkan pada sistem sungai
21		Kompleks batugamping Limbo	WG Lokal	Fosil moluska (<i>pecten</i>), pecahan koral, fosil akar bakau, fosil foraminifera bentos dan pecahan fosil lainnya
22	Kabupaten Klaten	Fosil <i>Nummulites</i> Bukit Wungkal	WG Internasional	Fosil foraminifera besar <i>Nummulites</i> dan <i>Discoeyclina</i> berumur Eosen Awal-Eosen Tengah
23		Batugamping Berlapis Bukit Patrum	WG Lokal	Batugamping berfosil dari Formasi Oyo berumur Miosen Tengah
24		Hipostatotipe Formasi Wonosari Gumung Kampak	WG Nasional	Fosil foraminifera, koral, dan moluska. Foraminifera planktonik sangat melimpah berumur Miosen Tengah
25		Batugamping <i>Nummulites</i> Watuprau	WG Internasional	Fosil foraminifera besar yang melimpah berumur Eosen Tengah-Eosen Akhir
26		Hipostatotipe Formasi Oyo Kawah Putih	WG Nasional	Fosil foraminifera besar berumur Miosen Awal-Miosen Tengah
27		Mamer Jokotuo	WG Nasional	Fosil foraminifera besar (<i>Orbitulina</i> sp.) berumur Kapur Bawah- Kapur Atas
28		Batugamping Batu Sepur	WG Lokal	Fosil foraminifera berasosiasi dengan ganggang berumur Miosen

Dari hasil penetapan warisan geologi, terdapat 4 (empat) wilayah yang tidak ada kontribusi dari komponen fosil yaitu Kabupaten Ende, Natuna dan Wonosobo-Banjarnegara serta Provinsi Sumatra Barat. Jika dibandingkan dengan komponen batuan, bentang alam dan struktur geologi maka komponen fosil masih sedikit dalam mendukung penetapan Warisan Geologi. Tidak ada atau sedikitnya komponen fosil dalam penetapan tersebut perlu ditinjau ulang dalam mendapatkan hasil penetapan yang lebih lengkap. Tulisan ini bertujuan untuk menambah data fosil dari wilayah yang telah ditetapkan dan menelaah seberapa pentingnya komponen fosil dalam menunjang penetapan warisan geologi. Selain itu dalam tulisan disajikan beberapa contoh dari negara lain yang telah berhasil melindungi situs paleontologi bernilai terkemuka sesuai pedoman yang berlaku.

METODE

Mengumpulkan dan melakukan penelaahan Lampiran 11 Keputusan Menteri ESDM Tahun 2020-2023, dan pustaka terdahulu meliputi data beragam fosil vertebrata, invertebrata dan flora serta hominin. Menelaah pustaka terkait persyaratan penetapan Warisan Geologi berdasarkan Paleontologi dari berbagai komponen fosil di Indonesia. Selain itu juga disajikan contoh tahapan penetapan Warisan Geologi berdasarkan Paleontologi di beberapa negara sebagai acuan di masa depan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Ada empat Provinsi/Kabupaten yang tidak mengajukan komponen fosil dalam penetapan warisan geologi, yaitu Provinsi Sumatera Barat, Kabupaten Natuna, Ende dan Wonosobo Banjarnegara. Umumnya pemerintah daerah tersebut mengajukan keunikan bentang alam dan batuan yang dapat dipahami dan dinikmati keindahan alamnya secara langsung. Hal ini berbeda dengan komponen fosil yang hanya dapat dipahami oleh para ahli kebumian atau komunitas pemerhati fosil. Untuk dapat meningkatkan jumlah komponen fosil dalam menunjang penetapan situs warisan geologi tersebut maka diperlukan ketersediaan data fosil di suatu daerah hasil penyelidikan dalam publikasi ilmiah yang mudah diakses. Hasil penelaahan ketersediaan data ilmiah di empat lokasi tersebut menunjukkan terdapat beragam data fosil yang diterbitkan dalam publikasi berskala nasional dan internasional yang umumnya berupa fosil berukuran mikroskopis (Tabel 4 dan Gambar 3).. Beragam kelompok microfossil tersebut berperan memberi informasi geologi terkait umur dan lingkungan pengendapan yang saling menunjang satu sama lain. Demikian juga keterdapatannya

berukuran makro, seperti fosil vertebrata atau fosil kayu mempunyai nilai terkemuka berdasarkan kelangkaan penemuan tersebut.

Keberadaan fosil tersebut dalam batuan secara tidak langsung memberi kontribusi ilmiah dalam penetapan warisan geologi setempat dalam mengungkap dinamika bumi yang tercantum dalam suatu publikasi ilmiah.

Kontribusi Ilmiah Fosil

Fosil merupakan salah satu komponen keragaman geologi yang bernilai sebagai saksi penting dalam mempelajari lingkungan masa lalu, menentukan umur batuan, dan sejarah terbentuknya bumi dari masa ke masa. Komponen fosil bersama-sama dengan komponen lain seperti batuan, mineral, bentang alam, dan struktur geologi sebagai bahan untuk perbandingan suatu situs warisan geologi. Komponen fosil telah berkontribusi dalam penetapan situs warisan geologi berskala internasional, yaitu di Kabupaten Merangin (flora) dan Kabupaten Tulungagung (tengkorak *Homo sapiens*) serta fosil foraminifera *Nummulites* di Kabupaten Klaten. Kontribusi ilmiah tersebut membuktikan bahwa komponen fosil mempunyai peran cukup penting, terutama spesimen fosil berukuran makro. Sedangkan spesimen fosil berukuran mikro seperti foraminifera, radiolaria, polen, nannoplankton dan lain-lain belum mendapat perhatian karena tidak kasat mata dan diperlukan mikroskop untuk mengamatinya. Namun demikian keterdapatannya fosil mikroskopis tersebut memberi dukungan data umur dan lingkungan pengendapan yang cukup signifikan dalam sejarah terbentuknya bumi. Penemuan rintang radiolaria di Kabupaten Natuna, tepatnya di Formasi Bunguran memberi informasi kehidupan laut dalam purba sekitar Jura-Kapur Awal (Webb dkk., 2023). Keterdapatannya polen (*Vemcatosporites*, *Monocolpites* dan *Echitriporites hianguliformis*, *Ephedripites*) memberi petunjuk diendapkan pada Kala Eosen (JICA, 1979 dalam Kusumadinata dan Matzack, 1981).

Hal serupa dengan penemuan foraminifera planktonik di Formasi Nangapanda, Kabupaten Ende menunjukkan umur batuan Miosen Tengah (Kusumadinata dan Suwarna, 1990). Kontribusi ilmiah bernilai tinggi dapat mengacu hasil penemuan organisme laut trilobit (*Phillipsia sumatrensis*) dan fusulina yang sudah punah di Provinsi Sumatra Barat. Keterdapatannya trilobit di Padang menunjukkan kehidupan purba di dasar laut pada masa Paleozoikum (sekitar 251,9 juta tahun yang lalu (Roemer, 1880 dalam van Gorsel, 2014)). Trilobit merupakan

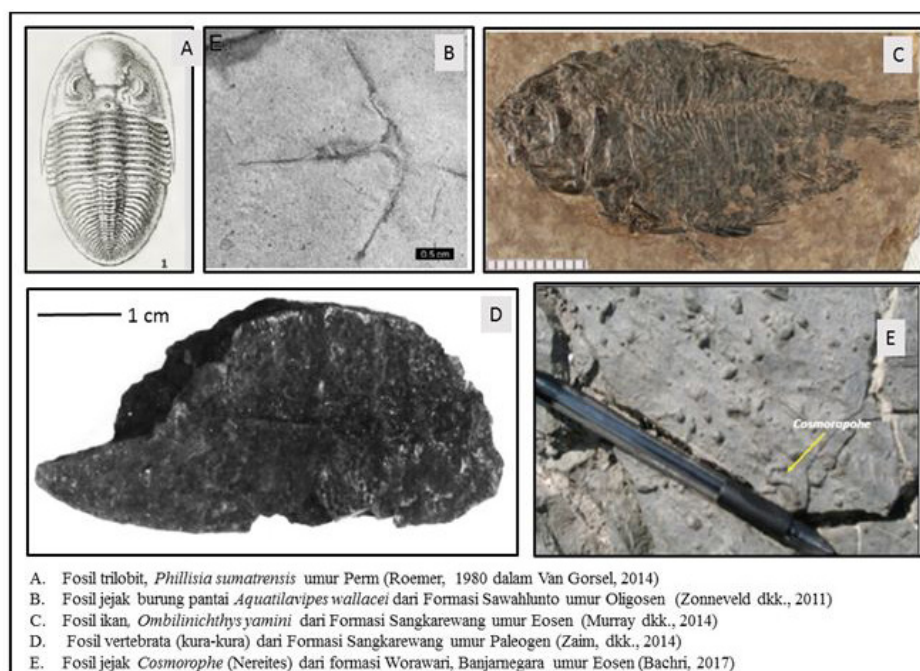
fauna serangga laut yang terkenal sebagai salah satu fosil penentu umur Perem. Selain trilobit, di Bukit Bessi, sekitar Danau Singkarak ditemukan fusulina (*Sumatrina annae*). Spesies ini merupakan foraminifera besar berukuran sekitar 4mm, pernah hidup di laut dangkal di daerah tropis-subtropis dan diyakini sebagai fosil penunjuk terkemuka untuk periode Karbon-Perem. Kontribusi ilmiah lain adalah ditemukannya fosil jejak kaki burung pantai berumur Oligosen (Zonnefeld dkk., 2011) dan berumur Miosen Awal hingga Miosen Tengah (Zaim dkk., (2017) yang tersingkap di Formasi Sawahlunto. Keterdapatannya fosil jejak burung tersebut memberi indikasi lingkungan pengendapan berupa dataran pasir pasang surut (*intertidal sand flat*). Keterdapatannya ikan gourami pada Formasi Sangkarewang berumur Eosen juga menambah keragaman fosil yang ditemukan di Provinsi Sumatera Barat sebagai bukti lingkungan lakustrin purba (Murray dkk., 2015). Fosil ikan ini juga telah menambah kedudukan taksonomi ikan sebagai penemuan genus (*Ombilinichthys*) dan spesies baru (*Ombilinichthys yamini* Murray, Zaim, Rizal, Aswan, Gunnell & Ciochon, 2015) Penemuan ini telah terdaftar di *zoobank.org:act: 6A2EAADF-B599-49EC-9DFA-73039A653E87*.

Dari uraian tersebut di atas bahwa Provinsi Sumatera Barat mempunyai banyak informasi komponen fosil yang sangat beragam dibandingkan dengan tiga kabupaten lainnya. Ketersediaan data fosil dari berbagai lokasi khususnya lokasi yang mengusulkan situs warisan geologi sangatlah penting tidak hanya bermfaat bagi pengusul namun juga para ahli yang akan melakukan verifikasi lapangan. Basis data fosil tersebut saling berintegrasi dengan satu atau beberapa komponen/multikomponen lain seperti batuan, mineral, bentang alam dan struktur geologi. Sehingga situs warisan geologi yang diusulkan lebih komprehensif terkait evolusi pembentukan suatu daerah usulan dan bila memungkinkan menjadi suatu situs warisan fosil yang perlu dilindungi.

Upaya perlindungan warisan geologi dalam bentuk Cagar Alam Geologi (CAG) sesuai pedoman penentuan kawasan Cagar Alam Geologi (CAG) juga mengacu kepada Peraturan Menteri ESDM RI No. 32 Tahun 2016. Diharapkan di masa datang, upaya perlindungan tersebut mengacu data fosil bernilai ilmiah tinggi yang masuk dalam penetapan.

Tabel 4. Penelusuran data paleontologi di empat lokasi yang belum diajukan pada saat proses penetapan warisan geologi

Lokasi	Jenis komponen fosil	Formasi- Umur	Sumber
Provinsi Sumatera Barat	Trilobit, foraminifera fusulina	Guguk Bulau, Padang (Perm)	Roemer (1880 dalam van Gorsel, 2014)
	Polen	Formasi Sangkarewang (Eosen/Pre-Eosen)	Kusumadinata dan Matasak, 1981
	Foraminifera dan moluska	Formasi Sawahtambang (Miosen Awal)	
	Koral	Padang (Perm Tengah)	Fontaine, H., (1983)
	Hominin	Gua Lida Ajer, Padang (Plistosen)	Westaway dkk., (2017)
	Brakhiopoda, krinoida, dan Fusulina	Formasi Silungkang bagian atas (Perem)	Silitonga dan Kastowo (1995)
	Foraminifera fusulina	Formasi Mengkaramg dan Pelepat (Perem Awal)	Ueno, dkk., (2006)
	Jejak kaki burung	Formasi Sawahlunto (Oligosen)	Zonnefeld dkk., (2011), Zaim dkk., (2014)
	Vertebrata (fragmen buaya, kura-kura)	Formasi Sawahlunto, Tanahsirah, Melawi,	Zaim dkk., (2014)
	Ikan gurame	Formasi Sangkarewang, Cekungan Ombilin	Murray dkk., 2015
	Foraminifera	Formasi Mengkaramg (Perem)	Prasojo, dkk., (2018)
	Foraminifera	Formasi Silungkang bagian atas (Perem)	Jambak, dkk., (2020)
Kabupaten Natuna	Radiolaria	Formasi Bunguran (Jura-Kapur Awal)	Webb dkk., 2023
Kabupaten Banjarnegara-Wonosobo	Nannoplankton	Formasi Totogan, Banjarnegara	Kapid dan Harsolumekso 1996)
	Gigi ikan, radiolaria, foraminifera, fosil jejak	Formasi Worawiri (Eosen Tengah- Eosen Akhir)	Bachri (2017)
	Ikhnofosil	Formasi Rambatan (Miosen) & Formasi Totogan (Oligosen)	Kamtono dkk., (2005)
Kabupaten Ende	Foraminifera planktonik	Formasi Nangapanda (Miosen Tengah)	Kusumadinata dan Suwarna(1990)



Gambar 3. Beberapa data fosil dari berbagai pustaka

Hal ini mengingat Indonesia merupakan tuan rumah lokasi penemuan fosil flora dan fauna penting berumur Paleozoikum (van Gorsel, 2014). Dalam rangka upaya tersebut, berikut secara singkat diuraikan tahapan yang dilakukan beberapa negara dalam proses penetapan warisan paleontologi,

Warisan paleontologi

Paleontologi atau identik dengan fosil mempunyai nilai tersendiri yang cukup penting. Noffke (2005), menyatakan bahwa rekaman fosil memberi petunjuk umur batuan jutaan tahun sebagai arsip kehidupan masa lalu di suatu lingkungan yang belum diketahui. Endere & Prado (2014) menggaris bawahi bahwa fosil merupakan produk alam yang tidak terbarukan atau tidak bisa diulang. Selain itu, fosil juga sebagai bentuk justifikasi untuk dilindungi dan bahan pertimbangan sebagai warisan paleontologi.

Kontribusi ilmiah fosil yang tinggi dalam suatu situs warisan geologi tidak lepas dari ancaman kerusakan atau hilang akibat perubahan tata ruang. Dalam upaya mengantisipasi kerusakan atau hilangnya situs warisan geologi khususnya pada lokasi tipe penemuan komponen fosil, maka diperlukan beberapa tahapan berikutnya sebagai bagian dari proses konservasi di masa yang akan datang. Tahapan tersebut dapat menggunakan acuan dari beberapa negara. Stevanović

(2014) menggunakan lima kriteria pokok dalam proses konservasi warisan paleontologi di Serbia baik fosil berukuran mikro maupun makro, yaitu 1) konsep nilai intrinsik; 2) nilai ekologis dengan makna interaksi berbagai parameter lingkungan terkait kehidupan purba; 3) nilai ekonomis; 4) nilai budaya, dan 5) nilai edukasi berbasis geologi

Perlindungan situs paleontologi invertebrata di beberapa Formasi di selatan Kelantan, Malaysia dari Kawasan Aring berupa fosil moluska dan brakiopoda berumur Trias (Nasarudin dkk., (2014). Situs paleontologi tersebut sebagai laboratorium alam atau museum lapangan paleontologi dengan nilai sejarah evolusi yang unik dalam pembentukan semenanjung Malaysia.

Proses penetapan situs paleontologi berdasarkan kriteria dan pedoman konservasi yang berlaku, Endere & Prado (2014) menyatakan bahwa ada 25 kriteria yang harus dipenuhi untuk menjadi situs warisan paleontologi di Argentina berdasarkan Hukum Nasional Nomor 25.743/2003. Kriteria pengusulan warisan paleontologi memenuhi kriteria (a) Fosil sebagai bagian dari warisan Argentina yang sudah ditetapkan; (b) fosil vertebrata langka; (c) beberapa fosil invertebrata dan fosil tumbuhan langka; (d) informasi yang akurat, (e) koleksi fosil harus terawat dan tersedia untuk riset dan edukasi

publik, dan (f) pengelolaan warisan fosil seharusnya menekankan kesempatan keterlibatan masyarakat. Semeniuk dkk., (2020) memperlihatkan bahwa situs warisan geologi skala mikro diperoleh dari nilai ilmiah cukup tinggi dari keterdapatannya mikrofosil seperti foraminifera, polen dan karopita sebagai bukti terkemuka dan penentu sejarah pembentukan punggung pantai (*beach ridge*) di Kala Holosen.

Bétard, F. & Peulvast (2019) menyatakan bahwa penetapan status konservasi dari suatu situs warisan geologi berdasarkan indeks keragaman geologi (geodiversitas) dan indeks ancaman. Indeks geodiversitas meliputi indeks keragaman geologi (terdiri dari subindeks litologi, mineralogi dan paleontologi), keragaman geomorfologi, pedodiversitas, indeks hidrodiversitas. Contoh subindeks paleontologi dalam memberi nilai suatu situs sebagai bagian dari indeks keragaman geologi (Tabel 4).

Indeks ancaman meliputi subindeks tingkat perlindungan, degradasi lahan dan penggunaan lahan, Hasil pengolahan data diperoleh nilai indeks sensitivitas keragaman geologi dari rumus berikut ini:

Indeks sensitivitas (SI) = Indeks Geodiversitas (GI) x Indeks ancaman (TI)

Prosedur ini sudah diuji dan diterapkan di Brazil dan beberapa lokasi situs warisan geologi masuk kategori yang sangat mendesak untuk dikonservasi berdasarkan nilai indeks sensitivitas.

Hal lain yang perlu dipertimbangkan dalam penetapan warisan geologi dan konservasi geologi adalah skala atau dimensi yang cukup beragam dari bentang alam yang sangat besar dan luas hingga yang berskala halus seperti ukuran kristal (Brocx & Semeniuk, 2007). Ukuran terkecil sekitar 1mm dari penemuan Zircon berumur *Archean* dari Bukit Jack, Australia Barat sebagai kristal tertua di dunia yang menunjukkan pembentukan bumi (Wilde dkk., al. 2001 dalam Brocx & Semeniuk, 2007). Berdasarkan

banyak sumber dan pertimbangan hingga akhirnya tersusun suatu definisi berbagai skala dilengkapi dengan contoh yang disusun oleh Brocx & Semeniuk, 2007 (Tabel 5).

Mengacu dari berbagai contoh proses perlindungan fosil tersebut maka komponen fosil yang sudah ditetapkan pada situs warisan geologi di Indonesia telah memenuhi persyaratan awal untuk dilindungi. Sebagai contoh Setyabudi dkk., (2018) mengusulkan bahwa fosil manusia purba (*wajak man*) dan vertebrata yang terawetkan di dalam gua-gua di Daerah Campurdarat, Tulungagung perlu mendapat perlindungan sebagai bukti jejak kehidupan masa lampau yang bernilai ilmiah tinggi. Usulan tersebut dapat ditindaklanjuti setelah masuk dalam daftar situs warisan geologi yang ditetapkan melalui Keputusan Menteri ESDM Nomor Kabupaten Tulungagung (Nomor 63.K/GL.01/MEM,G/2023)

KESIMPULAN

Hasil penelusuran pustaka terdapat banyak data fosil dari suatu daerah yang telah ditetapkan melalui Keputusan Menteri ESDM tahun 2020-2023. Ketersediaan data fosil yang mudah diakses secara tidak langsung berkontribusi terhadap proses penetapan situs warisan geologi baik di tingkat pengusul maupun pada saat verifikasi lapangan. Situs warisan geologi berskala mikro mempunyai nilai ilmiah tinggi di beberapa negara dalam perolehan nilai indeks geodiversitas yang perlu dicermati di Indonesia yang akan datang. Hal ini mengingatkan Indonesia mempunyai keragaman dan kelimpahan komponen geologi, khususnya paleontologi yang bernilai istimewa untuk dilindungi.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih disampaikan kepada rekan-rekan di Tim Kerja Warisan-Geopark atas dukungan, diskusi dan saran hingga terbitnya tulisan ini.

ACUAN

- Andianto, Ismanto, A., dan Damayanti, R., 2018. Paleobotani: *Dryobalanoxylon*, Fosil Kayu Asal Jambi. *Jurnal Ilmu Teknologi Kayu Tropis* 16 (1): 34-43
- Booi, M., van Waveren, I.M., van Konijnenburg-van Cittert, J.H.A., de Boer, P.L., 2008. New material of *Macralethopteris* from the Early Permian Jambi flora (Middle Sumatra, Indonesia) and its palaeoecological implications. *Review of Palaeobotany and Palynology* 152:101-112
- Bétard, F. & Peulvast, J.P., 2019. Geodiversity Hotspots: Concept, Method and Cartographic Application for Geoconservation Purposes at a Regional Scale. *Environmental Management* 63:822-834
- Brocx, M., dan Semeniuk, V. 2007. Geoheritage and geoconservation: history, definition, scope and scale. *Journal of the Royal Society of Western Australia*, 90: 53-87

- Bachri, S., 2017. Pengaruh Kegiatan Tektonik dan Vulkanisme terhadap sedimentasi Endapan Paleogen-Neogen di Cekungan serayu, Jawa. *Lipi Press*. 141h.
- Endere, M.L., and Prado, J.L. 2014. Characterization and Valuation of Paleontological Heritage: A Perspective from Argentina. The European Association for Conservation of the Geological Heritage 2014. *Geoheritage*
- Fontaine, H., 1983. Some Permian corals from the Highlands of Padang, Sumatra, Indonesia. *Publ. Geol. Res. Dev. Centre, Bandung, Paleontologi Seri 4*: 1-31.
- Jambak, M.A., Yuda, M.F., Syavitri, D., Benyamin, Hafiz, S.D., Muhammad, F., 2020. Paleontology and Petrology of Late Paleozoikum Age in West Sumatera of Silungkang Formation. *International Journal of Advanced Sciences and Teckonlogy* 29 (3): 6903-6911
- Hasibuan, F., Andi-Mangga, S., & Suyoko. 2000. *Stereochia semireticulatus* (Martin) dari Formasi Mengkarang, Jambi, Sumatra. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Seri Paleontologi 10: 59-69
- Kamtono, Praptisih dan Siregar, M.S., 2005. Studi Potensi Batuan Induk Pada Sub Cekungan Banyumas Dan Serayu Utara *RISSET – Geologi dan Pertambangan* 15(1): 1-12
- Kapid R., dan Harsolumekso A.H., 1996, Studi fosil nanno plankton pada Formasi Karangsambung dan Totogan. *Bulletin Geologi FTM, ITB*, 26: 13-43
- Kusumadinata, R.P., dan Matzak, M., 1981. Stratigraphy and Sedimentation Ombilin Basin Central Sumatra (West Sumatra Province). *Proceedings Indonesian Petroleum Association Tenth Annual Convention*: 217-249.
- Kusumadinata, S., dan Suwarna, N., 1990. Peta geologi lembar Ende, Nusa Tenggara Timur Geological Map of the Ende Nusa Tenggara quadrangle, East Nusa Tenggara
- Murray, A.M., Zaim, Y., Rizal, Y., Aswan, Y., Gunnell, G.F., and Ciochon, R.L. 2015. A Fossil Gourami (Teleostei, Anabantoidei) from Probable Eocene Deposits of the Ombilin Basin, Sumatra, *Indonesia Journal of Vertebrate Paleontology* 35 (2): 1-11
- Nazaruddin, D.A., and Othman, A.R., 2014. Geoheritage Conservation of Paleontological Sites in Aring Area, Gua Musang District, Kelantan, Malaysia. *International Journal on Advance Science Engineering Information Technology* 4(1): 14-19
- Noffke, N., 2005, Geobiology—A holistic scientific discipline, in Noffke, N., ed., *Geobiology: Objectives, Concepts, Perspectives: Paleoclimatology, Paleooceanography, Paleocology* (Special Issue): Amsterdam, Elsevier, p. 1–2.
- Prasojo, O.A., Sihombing, F. M. H., Syahputra, R., dan Kristyanto, T. H. W. 2018. Paleogeographical Significance of Benthic Foraminifera from the Mengkarang Formation (Early Permian, Sumatera). *AIP Conference Proceedings* 2023, 020191 (2018); <https://doi.org/10.1063/1.5064188>
- Stevanović, A.M., 2014. Conservation of Paleontological Heritage in Serbia: From Philosophy to Practice. *Bulletin of the Natural History Museum* 7: 7-28.
- Semeniuk, V., Semeniuk, C.A., Brocxc, M., 2020. The Holocene Becher Point Cuspate Foreland, Western Australia – An internationally significant and globally unique potential geopark *International Journal of Geoheritage and Parks* 8 (1): 1-17
- Setiyabudi, E., Trihasaryo, A., Koesbardiati, T., Suriyanto, R.A., Murti, D.B., 2019. Konservasi Geologi Lokasi Fosil Vertebrata dan Manusia Purba, Daerah Tulungagung Selatan, Jawa Timur. *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral* 20 (4): 187-197
- Ueno, K. S., Nishikawa, S., van waveren, I.M., Hasibuan, F., 2006. Early Permian fusuline faunas of the Mengkarang and Palepat Formations in the West Sumatra Block, Indonesia: their faunal characteristics, age and geotectonic implications. In: *Proc. 2nd International Symposium Geological Anatomy of East and South Asia, Paleogeography and Paleoenvironment in Eastern Tethys*, IGCP, Quezon City: 98-102
- Van Gorsel, J.T. 2014. Annotated bibliography of biostratigraphy and paleontology of Indonesia- SE Asia (online). https://www.academia.edu/10056933/Annotated_bibliography_of_biostratigraphy_and_paleontology_of_Indonesia_SE_Asia
- Van Waveren, I.M., Hasibuan, F., Suyoko, Makmur, De Boer, P.L., Chaney, D., Ueno, K., Booi, M., Iskandar, E.P.A., King, Ch.I., De Leeuw, J.H.V.M., & van Konijnenburg-van Cittert, J.H.A. 2005. Taphonomy, Palaeobotany and sedimentology of the Mengkarang Formation (early Permian, Jambi, Sumatra, Indonesia). *The Non Permian, New Mexico Museum of the Natural History and Science Bulletin* 30: 333-341
- Van Waveren, I.M., Iskandar, E.P.A., Booi, M., P. van Konijnenburg-van Cittert, J.H.A. 2007. Composition and palaeogeographic position of the Early Permian Jambi flora from Sumatra. *Scr. Geol.* 135: 1-28
- Webb, M., Endinanda, F., Gough, A., 2023. Mesozoic magmatism of Natuna Island, Indonesia: Implications for the subduction history of eastern Sundaland. *Gondwana Research* 119: 45-67
- Westaway, K.E., Louys, J., Due Awe, R., Morwood, M.J., Price, G.J., Zhao, J.X., Aubert, M., Joannes-Boyau, R., Smith, T.M., Skinner, M.M., Compton, T., Bailey, R.M., van den Bergh, G.D., de Vos, J., Pike, A.W.G., Stringer, S., Saptomo, E.W., Rizal, Y., Zaim, Y., Santoso, W.D. Trihasaryo, A., Kinsley, L., & Sulistyanto, B., 2017. An early modern human presence in Sumatra 73,000–63,000 years ago. *Nature* 548:322–325

-
- Zaim, Y., Gunnell, G.F., Ciochon, R.L., Rizal, Y., Aswan, O'shea, N., 2014. Paleogene Vertebrates From Tanahsirah, Talawi – Ombilin Basin, West Sumatra, Indonesia: A Preliminary Field Result. *Bulletin Geologi*, 41(3): 175-184
- Zonneveld, J., Zaim Y., Gunnell, G., 2011 Oligocene Shorebird Footprints, Kandi, Ombilin Basin, Sumatra. *Ichnos*, 18:221–227