



Paleogeomorfologi Formasi Cibodas dan Catatan Temuan Fosil Gigi Hiu di Daerah Gunung Sungging dan Sekitarnya, Kabupaten Sukabumi, Jawa Barat

Paleogeomorphology of the Cibodas Formation and Note of the Finding of Shark Teeth Fossils in Gunung Sungging and Surrounding Area, Sukabumi Regency, West Java

Johan Budi Winarto

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

email: johanbadangeologi@gmail.com

Naskah diterima: 25 Januari 2022, Revisi terakhir: 19 April 2022, Disetujui: 22 April 2022, Online: 22 April 2022

DOI: <http://dx.doi.org/10.33332/jgsm.geologi.v23.1.61-69>

Abstrak - Fosil gigi hiu ditemukan oleh masyarakat di Desa Gunung Sungging, Kecamatan Surade, Kabupaten Sukabumi, Jawa Barat. Fosil tersingkap pada batupasir tufan, anggota Formasi Cibodas berumur Pliosen dengan lingkungan pengendapan transisi-neritik. Morfologi daerah penyelidikan merupakan dataran sampai perbukitan dan dikontrol oleh struktur sesar normal yang tersingkap di sungai Cikarang. Kajian paleogeomorfologi ditentukan melalui analisis bentangalam, struktur geologi, stratigrafi serta paleontologi. Bentangalam daerah penyelidikan menunjukkan perubahan lingkungan pengendapan dari laut ke darat, yang dibatasi oleh singkapan Formasi Cibodas. Formasi ini terdiri atas satuan batupasir gampingan dan tuf. Sekitar 120 fosil hiu telah dikumpulkan selama penyelidikan lapangan, dan dianalisis berdasarkan karakteristik, morfologi, dan dimensi ukurannya. Fosil gigi *Otodus megalodon* berjumlah 19 buah, dan 101 buah lainnya adalah jenis gigi non-*Otodus megalodon*. Semua fosil ditemukan di Formasi Cibodas bagian bawah. Pada kala Pliosen, kawasan ini diinterpretasikan sebagai kawasan teluk dan laguna yang menjadi tempat cocok bagi kehidupan hiu.

Keywords: Bentuk lahan, fosil gigi hiu, paleogeomorfologi, stratigrafi.

Abstract - Shark teeth fossils preserved in transition-neritic tuffaceous sandstones of Pliocene Cibodas Formation were founded locally at Gunung Sungging Village, Surade District, Sukabumi Regency, West Java. Morphologically, the investigation area is a hilly to plain and cut by normal faults in the Cikarang river. The paleogeomorphology study determined trough analysis of landscape, stratigraphy as well as paleontology. The landscape of study area is show change of the depositional environment which is limited by outcrop of Cibodas Formation which consist of calcarenite and tuff units. About 120 shark fossils have been collected during the fieldwork, and analyzed by their characteristics, morphology and size dimensions. *Otodus megalodon* fossil teeth totally 19 pieces, and the remaining of 101 teeth belonged to non-*Otodus megalodon*. All fossils are found in lower Cibodas Formation. During the Pliocene, these areas was interpreted as a bay and lagoon area that become a suitable place for the life of sharks.

Keywords: Landscape, shark teeth fossils, paleogeomorphology, stratigraphy.

PENDAHULUAN

Tulisan ini merupakan hasil kajian konservasi geologi Indonesia di lingkungan Museum Geologi terkait dengan temuan fosil gigi hiu *Otodus megalodon* (*Charcarodon megalodon*). Masyarakat setempat menamakannya fosil gigi hiu megalodon. Hiu megalodon merupakan fauna laut raksasa yang hidup pada Miosen-Pliosen (Antunes dkk., 2015; Trif dkk., 2016; Boessenecker dkk., 2018; Shimada, 2019; Shimada dkk., 2020).

Fosil gigi hiu dan megalodon banyak tersingkap di Pulau Jawa, di antaranya di Cirebon (Pliosen), Sangiran (Pliosen), Kulonprogo (Miosen), dan Blora (Miosen). Identifikasinya didasarkan pada analisis morfologi dan dimensi ukuran gigi (Abdurahman dkk., 2018; Yudha dkk., 2018; Suharyogi dkk., 2019). Abdurahman dkk. (2018) telah melakukan identifikasi fosil gigi hiu ukuran besar berdasarkan tinggi mahkota gigi yang berukuran sekitar 12 cm, dan memperkirakannya berasal dari Formasi Cibodas yang berumur Miosen-Pliosen. Fosil tersebut ditemukan oleh masyarakat setempat di Desa Cimahpar, Kecamatan Kalibunder, Kabupaten Sukabumi Selatan, Jawa Barat.

Lokasi penyelidikan terletak di daerah Gunung Sungging dan sekitarnya, Kecamatan Surade, Kabupaten Sukabumi, Jawa Barat (Gambar 1). Gunung Sungging merupakan salah satu *geosite* baru di Geopark Global UNESCO Ciletuh-Palabuhanratu.

Keterbatasan informasi dan penyelidikan tentang geologi yang berkaitan dengan fosil gigi hiu megalodon Indonesia menjadikan kajian ini menarik untuk dilakukan. Kajian paleogeomorfologi digunakan untuk mengungkap bentuk lahan dan lingkungan pengendapan di masa lampau. Temuan fosil gigi hiu *Otodus megalodon* di dunia diperlihatkan pada Gambar 2., untuk yang berumur Pliosen digambarkan dengan titik kuning dan titik biru untuk fosil yang berumur Miosen (Aquilera dan Aquilera, 2004). Penyelidikan ini diharapkan dapat memberi informasi baru tentang ketersediaan fosil gigi megalodon di Indonesia, khususnya di daerah Jawa Barat.

METODE PENYELIDIKAN

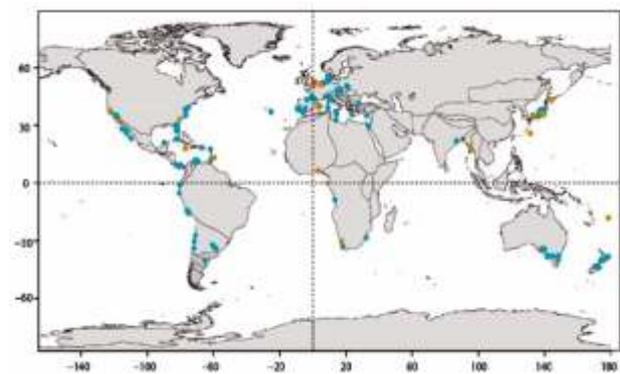
Kajian ini dimulai dengan mempelajari hasil penemuan fosil gigi hiu atau megalodon dari para penyelidik terdahulu. Kegiatan lapangan mencakup

pengambilan contoh fosil gigi hiu dan dokumentasinya, pengukuran dimensi fosil gigi, contoh batuan pembawa fosil, dan penampangan stratigrafi.

Peta geologi Lembar Jampang dan Balekambang skala 1:100.000 (Sukamto, 1975) yang diterbitkan oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi (sekarang Pusat Survei Geologi) digunakan sebagai acuan kajian paleogeomorfologi yang mendasarkan pada analisis bentuklahan, struktur geologi, stratigrafi, lingkungan pengendapan dan paleontologi fosil gigi hiu. Analisis fasies digunakan untuk menentukan urutan stratigrafi daerah penyelidikan. Analisis fasies sangat penting untuk mempelajari stratigrafi secara detail dan lingkungan pengendapannya (Daidu, 2013; Boggs, 2006; Nichols, 2009). Global Mapper, GoogleEarth dan CorelDraw dimanfaatkan untuk mendukung proses analisis dan pembuatan peta.



Gambar 1. Peta lokasi daerah studi (kotak hitam).



sumber: Aquilera dan Aquilera (2004)

Gambar 2. Peta sebaran fosil gigi *Otodus megalodon* di dunia (titik kuning dan titik biru).

HASIL PENYELIDIKAN DAN DISKUSI

Penyelidikan ini berhasil mengumpulkan 120 fosil yang ditemukan pada lapisan batuan yang mengawetkan fosil-fosil tersebut. Analisis fosil gigi megalodon dilakukan dengan membandingkan hasil analisis para peneliti terdahulu berdasarkan analisis karakteristik jenis fosil gigi hiu menurut Purdy (2006) dan analisis tinggi anatomi gigi (*crown height*) menurut Reolid dan Molina (2015) seperti nampak pada Gambar 2. Lokasi temuan fosil gigi hiu dapat dilihat pada peta geologi Gambar 3.

Analisis Bentuk Lahan dan Struktur Geologi

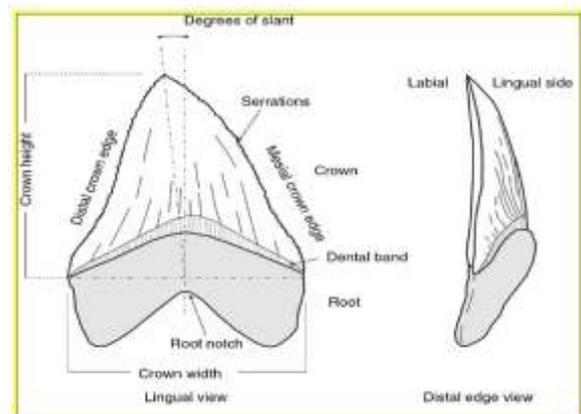
Fisiografi daerah penyelidikan termasuk dalam Zona Pegunungan Selatan Jawa Barat bagian barat, atau sub-fisiografi Jampang (Van Bemmelen, 1949). Secara regional sub-fisiografi Jampang melampar dari Palabuhanratu hingga daerah Sukanegara yang berbatasan dengan Kabupaten Cianjur bagian selatan. Pengukuran morfometri menunjukkan Zona Pegunungan Selatan mempunyai panjang sekitar 285 km dan lebar 50 km, membentang dari Pelabuhanratu hingga Pulau Nusakambangan, sedangkan sub-fisiografi Jampang mempunyai panjang 110 km. Morfologinya berupa dataran pantai hingga pebukitan, dan berpola aliran dendritik.

Hasil analisis morfografi menunjukkan ketinggiannya berkisar antara 0-300 m dan disusun oleh batuan sedimen Neogen. Aktivitas vulkanisme yang mempengaruhi bentuk lahan kurang berkembang, meskipun setempat tersingkap batuan vulkanik Kuartar yang terdiri atas breksi gunungapi, lava dan tuf yang membentuk morfologi terjal.

Saat ini, fosil gigi hiu hanya dijumpai pada lapisan batupasir gampingan Formasi Cibodas. Satuan batuan lainnya, seperti Formasi Bentang dan Formasi Jampang, tidak mengandung fosil tersebut. Penumpang-tindihan peta-peta tematik digital seperti peta geologi, peta DEM, GoogleMap dan peta topografi menghasilkan peta sebaran Formasi Cibodas (Gambar 5), yang teridentifikasi hanya mencakup daerah penyelidikan saja dan tidak tersingkap di lokasi lainnya di Jawa Barat bagian selatan. Gambar 5 menunjukkan peta sebaran Formasi Cibodas berdasarkan interpretasi bentuk lahan dan singkapan batumannya.

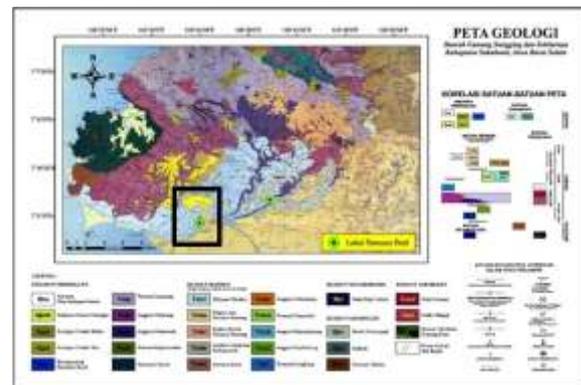
Analisis paleogeomorfologi menghasilkan penafsiran bahwa bentuk lahan daerah penyelidikan dimasa lampau adalah sebuah laguna, atau teluk yang berbatasan dengan daerah peralihan hingga laut dangkal. Temuan kepingan fosil gigi hiu dan moluska

yang banggunya sudah tidak utuh lagi memperkuat pendugaan tersebut. Fosil-fosil dalam bentuk kepingan menunjukkan pengaruh energi gelombang di lingkungan pantai atau laut dangkal. Studi sebelumnya, yang membahas tentang evolusi tektonik Pulau Jawa, menyebutkan banyaknya daratan yang terpisah menjadi pulau-pulau di daerah busur vulkanik selama Miosen-Pliosen (Hamilton, 1973; Clements dan Hall, 2007; Hall, 2009; Simandjuntak, 2015).

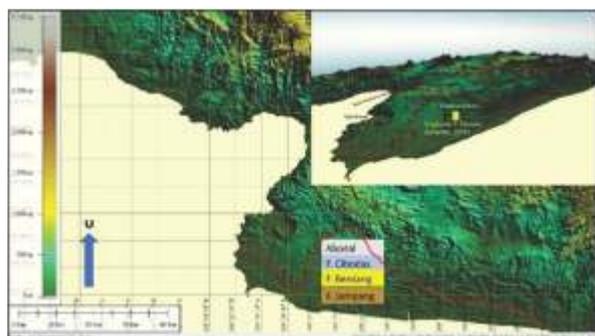


sumber: Reolid dan Molina, 2015

Gambar 3. Metode pengukuran mahkota tinggi gigi fosil gigi hiu.



Gambar 4. Peta lokasi temuan fosil gigi hiu dan peta geologi yang melatar belaknginya bersumber dari Sukamto (1975). Kotak hitam adalah daerah penyelidikan.



Gambar 5. Peta interpretasi sebaran litologi Formasi Cibodas dan garis warna merah adalah batas Formasi Cibodas.



Gambar 6. Singkapan batuan pembawa fosil gigi megalodon.

Di daerah penyelidikan, struktur geologi kurang berkembang baik. Identifikasi struktur tersebut di lapangan sulit dilakukan karena sebagian besar daerah penyelidikan sudah berubah menjadi pemukiman, ladang dan hutan. Secara regional, dan berada di luar daerah penyelidikan, sesar dan lipatan dapat diamati dengan baik. Di daerah penyelidikan, di muara S. Cikarang, setempat dijumpai indikasi struktur geologi yang ditunjukkan oleh keberadaan air terjun Cikukulu, kelurusan mata air, dan gawir sepanjang sekitar 300 m. Fenomena itu menunjukkan adanya sesar turun yang berarah timurlaut-baratdaya. Menurut Haryanto (2014; dlm. Sunardi, 2014) di daerah penyelidikan terdapat sesar bawah permukaan berarah barat-timur. Untuk mempelajari struktur geologi yang lebih rinci diperlukan kajian lanjutan, dengan sasaran menentukan pengaruh struktur geologi terhadap bentuklahan.

Stratigrafi dan Lingkungan Pengendapan

Stratigrafi daerah penyelidikan secara umum, dari tua ke muda, disusun oleh Anggota Cikarang Formasi Jampang, Formasi Bentang Bawah, Formasi Bentang Atas, Formasi Cibodas, endapan vulkanik Kuarter, dan endapan aluvial (Gambar 8).

Hasil penyelidikan menunjukkan bahwa fosil gigi megalodon hanya ditemukan pada lapisan batupasir tufan Formasi Cibodas berumur Pliosen (Gambar 6 dan Gambar 7). Dengan demikian, lapisan batuan pembawa fosil gigi hiu megalodon dapat digunakan sebagai lapisan kunci (*key bed*) berumur Pliosen. Berdasarkan temuan fosil gigi megalodon di Jawa, lapisan batuan pada Formasi Bentang berumur Miosen di daerah penyelidikan diperkirakan juga mengandung fosil gigi megalodon.

Pada peta (Gambar 4), lokasi temuan fosil gigi hiu berada di Formasi Cibodas. Gambar 6 menunjukkan singkapan lapisan batuan yang mengandung fosil gigi megalodon dan pengukuran lapisan batuan. Oleh

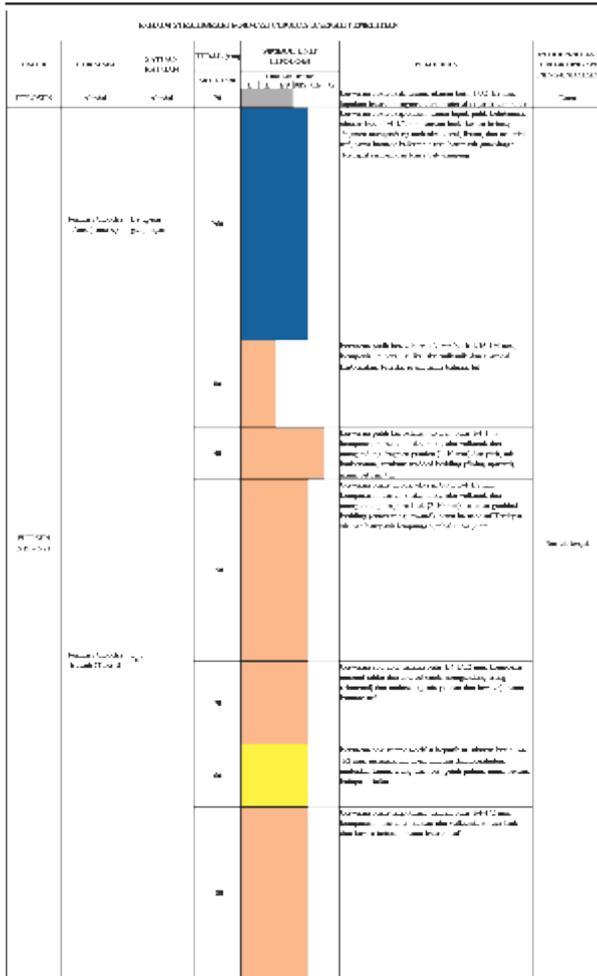
karenanya, analisis stratigrafi hanya merujuk pada singkapan batuan pembawa fosil gigi hiu tersebut, dan pada kajian ini tidak ditemukan fosil pada satuan stratigrafi lainnya (Formasi Bentang dan Formasi Jampang). Sementara itu, rekonstruksi stratigrafi menunjukkan bahwa Formasi Cibodas diendapkan secara tidak selaras di atas Formasi Bentang dan Formasi Jampang. Mendasarkan pada zonasi Blow (1969), kumpulan foraminifera plangton, khususnya dengan kehadiran *Globorotalia altispira*, menunjukkan Formasi Cibodas berumur N19–N21 atau Pliosen. Menurut klasifikasi Plehger (1962, dlm. Fermana dkk., 2018), satuan batuan tersebut diendapkan di lingkungan neritik tengah, atau pada kedalaman 20–100 m. Lingkungan itu sepertinya sesuai dengan habitat hiu yang hidup belasan juta tahun lalu di daerah penyelidikan

Satuan Breksi Vulkanik (Formasi Jampang)

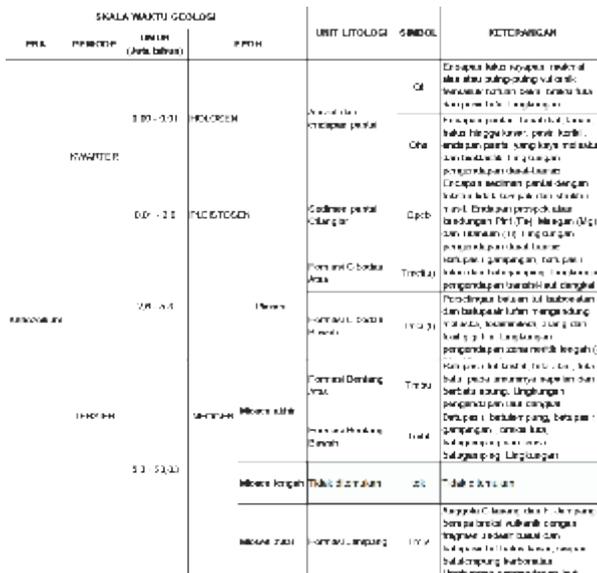
Satuan batuan ini terdiri atas breksi vulkanik dan batupasir halus-kasar yang tersingkap di bagian tengah ke arah hilir sungai Cikarang (Gambar 4). Hasil pengamatan di lapangan menunjukkan singkapan yang didominasi oleh singkapan breksi vulkanik. Diperkirakan bahwa satuan batuan ini merupakan anggota Cikarang (Tmjc) Formasi Jampang (Tmjv). Hasil studi fasies satuan ini terdiri atas fasies batupasir halus sampai kasar dan fasies breksi vulkanik. Satuan ini secara tidak selaras menindih Formasi Rajamandala (Torm) dan Formasi Ciletuh (Tecl). Satuan diendapkan di lingkungan zona batial tengah hingga batial bawah dengan kedalaman 500–1500 m dan memiliki kisaran umur N4–N8 Miosen berdasarkan munculnya fosil *Globigerinoides immarutus* di N4 dan punahnya *Globoquadrina altispira* di N8 (Sukamto, 1975).

Satuan Batupasir Tufan (Formasi Bentang)

Satuan batuan ini banyak tersingkap dan dijumpai baik di bagian selatan dan utara daerah penyelidikan. Satuan batupasir tufan menjadi salah satu karakteristik litologi Formasi Bentang yang mempunyai pelamparan luas, yaitu mulai Pelabuhan Ratu hingga daerah Pangandaran, dengan tebal lebih kurang 350 m (Alzwar dkk, 1992). Sukamto (1975) membagi Formasi Bentang terbagi menjadi 2, yaitu: bagian bawah (Tmbl) dan bagian atas (Tmbu). Formasi Bentang bagian atas yang tersingkap di lapangan terdiri atas: fasies batupasir karbonatan yang kaya moluska dan foraminifera dan fasies batupasir tufan. Formasi Bentang bagian bawah yang tersingkap, terdiri atas fasies batupasir tufan dan batupasir gampingan. Formasi ini menindih tidak selaras Formasi Jampang, diperkirakan berumur Miosen Akhir, dan terbentuk di lingkungan peralihan hingga laut dalam.



Gambar 7. Kolom stratigrafi Formasi Cibodas daerah penyelidikan.



Gambar 8. Stratigrafi daerah penyelidikan.

Satuan Batupasir Gampingan (Formasi Cibodas)

Hasil analisis stratigrafi menunjukkan bahwa satuan ini merupakan bagian dari Formasi Cibodas (Tmci) yang litologinya didominasi oleh batupasir gampingan atau kalkarenit. Sejumlah gua berkembang pada batugamping klastik, antara lain Gua Landak, Gua Gunung Sungging dan Gua Megalodon. Salah satu fenomena paleontologi yang menarik pada satuan batuan ini adalah banyak ditemukannya fosil gigi hiu dan megalodon pada lapisan batupasir gampingan. Dengan tebal lapisan antara 20-60 cm, litologi ini juga kaya dengan moluska dan foraminifera. Kedudukan batuan berkisar N 105° E-N 130° E dengan kemiringan 8°-12°. Himpunan satuan ini terdiri atas batugamping klastika, sisipan batugamping, lensa batugamping, batupasir tufan, batupasir lempungan dan tuf. Satuan diperkirakan berumur Pliosen, dengan lingkungan pengendapan berupa daerah peralihan hingga laut dangkal. Tebal satuan sekitar 250 m, yang diukur dari penampang geologi regional dan pola singkapannya.

Berdasarkan fasiesnya, penulis membagi Formasi Cibodas menjadi 2 bagian, yaitu Formasi Cibodas bagian atas, dan Formasi Cibodas bagian bawah (Gambar 7). Secara litofasies keterdapatn fosil gigi hiu dari berbagai macam jenis khususnya *O. megalodon*, menjadi salah satu cirinya. Formasi Cibodas bagian bawah terdiri atas fasies tuf karbonatan, fasies tuf tak-karbonatan mengandung pirit dan fasies batupasir tufan karbonatan yang mengandung fosil gigi hiu, foram dan moluska, dan fasies tuf berwarna abu-abu yang kaya moluska dan foraminifera. Batupasir lempungan hadir sebagai sisipan pada fasies tuf karbonatan. Formasi Cibodas bagian atas terdiri atas fasies batugamping klastika (kalkarenit), sisipan batugamping dan lensa batugamping. Formasi Cibodas secara tidak selaras menindih Formasi Jampang, Formasi Bentang Atas dan Formasi Bentang Bawah. Di sebelah utara dan timur Formasi Cibodas berangsur berubah menjadi Formasi Bentang. Sukamto (1975) menafsirkan Formasi Cibodas menjemari dengan Formasi Bentang.

Endapan Sedimen Citanglar (Qpc)

Endapan Kuartar ini terdiri atas fasies sedimen pantai, mengandung mineral logam, dan diperkirakan berumur Plistosen (Gambar 6). Penyebarannya mencakup bagian utara daerah penyelidikan, pada ketinggian antara 200-300 m dml. Ciri endapan ini berupa material lepas yang belum terbatukan, dengan sejumlah mineral logam seperti besi, mangan dan titanium. Endapan ini menindih tak selaras satuan di bawahnya. Saat ini pemerintah daerah menjadikan sedimen Citanglar sebagai daerah pertambangan.

Endapan Aluvial (Holosen)

Endapan ini berupa endapan pantai, batugamping terumbu dan endapan undak sungai muda. Endapannya berupa material lepas yang belum terbatukan, dan menjadi satuan paling muda.

Paleontologi Fosil Gigi Hiu

Sebanyak 120 contoh fosil gigi hiu yang dikumpulkan dari lapangan dapat dibagi menjadi 2 kelompok, yaitu fosil *O. megalodon* (19 buah) dan bukan-*O. megalodon* (101 buah). Hasil analisis morfologi, karakteristik dan dimensi gigi hiu terangkum pada Tabel 2. Fosil-fosil gigi hiu tersebut rata-rata mempunyai dimensi antara 0,4-12,2 cm. Gambar 9b menunjukkan hasil analisis fosil gigi hiu *O. megalodon*, di mana fosil itu mudah dikenali karena mempunyai bentuk dan ukuran mahkota gigi yang relatif besar, yaitu antara 1,7-12,2 cm. Diduga, fosil gigi hiu *O. megalodon* yang seumur, baik di daerah penyelidikan, di Indonesia, maupun di dunia mempunyai ukuran yang sama.

Sebagai perbandingan, Sundell (2019, dlm. Kowinsky, 2021), seorang ahli paleontologi dari Peru telah melakukan analisis dimensi megalodon Pliosen asal Formasi Pisco yang mempunyai panjang 5 inci (12,5 cm), yang berasal dari megalodon sepanjang 39 feet (11,88 m). Gigi megalodon terbesar yang pernah ditemukan berukuran 7,48 inci (18,99 cm). Clifford Jeremiah (2002, dlm. Adams, 2021) memperkirakan bahwa gigi hiu purba sepanjang 1 cm dimiliki oleh hewan yang panjang total tubuhnya sekitar 1,4 m. Berdasarkan fosil giginya, Yudha dkk. (2018) menyusun daftar jenis hiu purba yang ditemukan di Pulau Jawa (Tabel 1), dan daftar itu digunakan sebagai rujukan atau pembanding. Tabel tersebut membedakan jenis hiu menjadi 10 genus. Hingga saat ini, analisis jenis hiu purba bukan-*O. megalodon* masih belum selesai dilakukan.

Sistematika paleontologi

- Order : Lamniformes Berg
- Family : Otodontidae Glickman
- Genus : *Otodus* Agassiz
- Species : *Otodus megalodon* Agassiz

Tabel 1. Daftar genera fosil hiu Plio-Plistosen di Jawa, Indonesia (Yudha dkk., 2002)

Order	Family	Genus	Deskripsi (Koleksi)
Carchariformes	Carcharidae	Carcharias	Mamilla dari Mauchblau (RG11) and UJPA-UJPA
		Mamilla	(JPSB-PPS)
		Mamilla	dari Mauchblau (RG11)
		Mamilla	re Mauchblau (RG11)
		Mamilla	(RG11)
		Mamilla	dari Mauchblau (RG11)
		Mamilla	dari Mauchblau (RG11)
		Mamilla	(JUP-UJPA)
		Mamilla	(RG11)
		Mamilla	dan Mauchblau (RG11)
Lamniformes	Oxyrinchidae	Oxyrinchus	Mamilla (JUP-UJPA)
		Mamilla	(RG11)
Lamniformes	Pseudocarcharias	Pseudocarcharias	Mamilla dari Mauchblau (RG11)
		Mamilla	dan Mauchblau (RG11)
Lamniformes	Lamna	Lamna	Mamilla (JUP-UJPA), Mamilla (JPSB-PPS)

Synonyms

Carcharodon megalodon Agassiz, *Carcharodon megalodon megalodon* Agassiz, *Carcharias megalodon* Agassiz, *Carcharocles megalodon* Agassiz, *Megaselachus megalodon* Agassiz, *Otodus megalodon* Agassiz, *Procarcharodon megalodon* Agassiz, ***Procarcharodon megalodon megalodon*** Agassiz.

Saat ini Museum Geologi mempunyai beberapa koleksi fosil gigi hiu jenis *O. megalodon* yang telah teregistrasi seperti nampak pada Gambar 9a (Suharyogi, 2019). Gambar 9b adalah salah satu temuan fosil gigi hiu jenis *O. megalodon* di daerah penyelidikan. Gambar 10 menunjukkan empat contoh fosil gigi hiu bukan-*O. megalodon*. Melimpahnya jumlah fosil gigi hiu di daerah penyelidikan menunjukkan jika daerah itu merupakan habitat yang sesuai bagi kehidupan dan perkembangan berbagai jenis hiu purba di daerah tropis. Berdasarkan postulat distribusi kepulauan dan lautan Indonesia oleh Hall (2009), diyakini bahwa di seluruh laut pesisir luar wilayah Indonesia memungkinkan sebagai tempat kehidupan berbagai fauna hiu purba. Megalodon adalah hiu terbesar yang pernah hidup di Bumi secara universal (Giusti, 2007; Antunes dkk., 2015; Trif dkk., 2016). Berdasarkan fosil giginya, sampai saat ini para peneliti terus berupaya memperkirakan panjang total, berat total dan jenis kelamin *O. megalodon* (Gottfried dkk., 1996; Ehret dkk., 2009; Reolid & Molina 2015; Shimada, 2019; Cooper dkk., 2020). Perbedaan asumsi, metode dan permodelan tentunya akan menghasilkan penafsiran yang berbeda pula (Shimada, 2019). Gambar 11. menggambarkan keadaan paleogeomorfologi daerah penyelidikan. Berdasarkan penyebaran Formasi Cibodas, diduga pada Mio-Pliosen daerah Gunung Sungging dan sekitarnya merupakan sebuah teluk berlaguna, yang keadaannya sesuai dengan yang diperlukan oleh hiu megalodon untuk hidup dan berkembang biak. Penafsiran ini mendasarkan pada analisis morfografi dari pola singkapan batuan. Wibowo (2021) membuat interpretasi penampang lingkungan habitus *O. megalodon* di daerah penyelidikan (Gambar 12), berdasarkan karakteristik kehidupan hiu muda dan dewasa oleh Weng dkk., (2007), Curtis dkk., 2014, Kocsis and Razak (2018) dan Bradford dkk., (2020). Penyelidikan ini memodifikasi keterangan pada Gambar 12, yaitu Miosen menjadi Mio-Pliosen. Rujukan lainnya adalah hasil studi Clements dan Hall (2007), dimana mereka memperkirakan dan menggambarkan bahwa pada Miosen Akhir wilayah Jawa Barat bagian selatan merupakan pulau-pulau yang dibentuk oleh aktivitas vulkanisme yang menyertai evolusi tektonik Neogen. Komposisi batuan dan penyebaran Formasi Cibodaspun selanjutnya dipengaruhi oleh keadaan tersebut. Batuan Formasi Cibodas diduga bersumber dari batuan

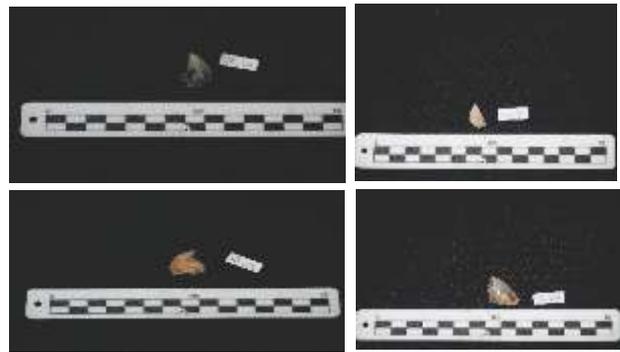
gunungapi yang terangkut dari utara ke selatan, dan bercampur dengan sedimen lainnya. Kejadian ini berlangsung di daerah peralihan hingga laut dangkal yang terbuka. Boleh jadi lapisan Miosen yang lebih tua juga mengawetkan gigi hiu megalodon, dan ini akan membuka upaya dilakukannya penyelidikan lanjutan.

Kehadiran hiu purba megalodon diperkirakan mencapai puncaknya pada Kala Miosen Akhir, dan berakhir pada Pliosen Akhir (Pimiento dan Balk, 2015). Keterdapatan fosil gigi hiu megalodon dapat digunakan sebagai salah satu indikator biostratigrafi vertebrata antara permulaan Miosen dan Pliosen Akhir. Mendasarkan pada kajian stratigrafi di daerah penyelidikan, ditafsirkan pembentukan Formasi Cibodas terjadi setelah Formasi Bentang. Formasi Cibodas menindih Formasi Bentang bagian bawah dan bagian atas, juga Formasi Jampang, secara tidak selaras. Hal ini didukung oleh kandungan fosil foraminifera N15-N18 untuk Formasi Bentang dan N19-N21 untuk Formasi Cibodas. Akan tetapi, berdasarkan pengukuran kedudukan lapisan batuan Formasi Cibodas di bagian timur menunjukkan bahwa Formasi Cibodas berada di bawah Formasi bentang bagian atas (Gambar 4 dan Gambar 5). Singkapan lapisan batuan ini sesuai dengan interpretasi penampang geologi lembang Jampang-Balekambang oleh Sukamto (1975). Sehingga urutan lapisan batuan berdasarkan kandungan umur fosil foraminifera maupun proses sedimentasi dan pengendapan menjeri menjadi tidak sesuai. Sementara, penulis tidak menemukan batas antara Formasi Cibodas bagian bawah dengan Formasi Bentang bagian atas.

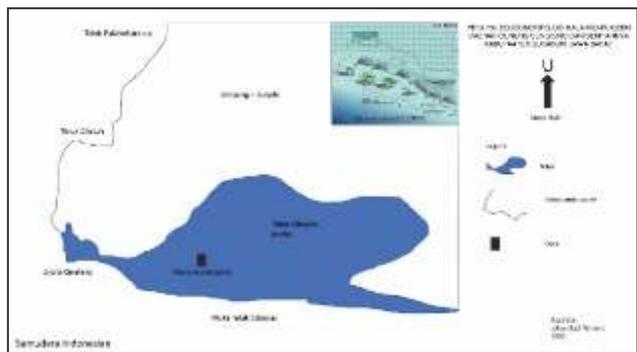
Penulis menginterpretasikan bahwa kondisi ini dipengaruhi oleh aktifitas tektonik dan proses-proses geologi pada Mio-Pliosen yang dapat mengakibatkan deformasi batuan secara menyeluruh atau sebagian. Kondisi ini dapat merubah kedudukan lapisan batuan yang secara umum miring ke arah selatan, sehingga kenampakan bentuk lahan dan kedudukan lapisan batuan Formasi Cibodas berada di bawah Formasi Bentang bagian atas. Untuk itu, diperlukan penyelidikan lebih lanjut tentang batas formasi dan stratigrafi pada lapisan batuan Formasi Cibodas dan Formasi Bentang atas untuk mengungkap fenomena ini.



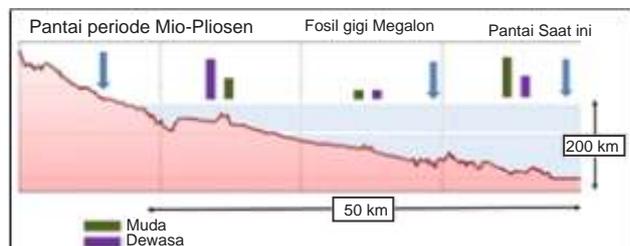
Gambar 9. Tampak lingual *O. megalodon*: (a) koleksi Museum Geologi, MGB-0181247 dan (b) hasil penyelidikan saat ini.



Gambar 10. Tampak lingual temuan fosil gigi hiu di daerah penyelidikan.



Gambar 11. Peta paleogeomorfologi daerah penyelidikan pada Mio-Pliosen. Gambar insert adalah peta paleogeografi Jawa Barat menurut Clement dan Hall (2007).



sumber: dimodifikasi dari Wibowo, 2021

Gambar 12. Penampang paleogeomorfologi lingkungan habitat *O. megalodon* pada Mio-Pliosen di daerah penyelidikan.

KESIMPULAN

Kajian yang beraspek konservasi geologi ini mengungkap keadaan paleogeomorfologi daerah penyelidikan berdasarkan analisis bentuk lahan, stratigrafi dan fosil gigi hiu. Paleogeomorfologi Gunung Sungging dan sekitarnya di Kabupaten Sukabumi, Jawa Barat, diinterpretasikan sebagai “Teluk Cibodas purba” dan ditandai dengan kehadiran hiu purba khususnya jenis megalodon yang hidup pada Mio-Pliosen. Fosil megalodon terawetkan pada satuan batupasir tufan dari anggota Formasi Cibodas yang berumur Pliosen. Hasil studi ini diharapkan dapat menambah informasi tentang koleksi fosil vertebrata di Museum Geologi, yang dapat dimanfaatkan untuk kepentingan masyarakat,

pemerintah daerah setempat, dan pengembangan ilmu pengetahuan di Indonesia.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Dr. Eko Budi Lelono selaku Kepala Badan Geologi, dan Iwan Kurniawan ST. selaku Kepala Museum Geologi (saat penyelidikan dilakukan) yang telah memberikan tugas untuk penyelidikan ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Bapak Mansyursyah, Bapak Sidin, Bapak Nanang selaku pemerhati fosil gigi megalodon di Desa Gunung Sungging. Ucapan terima kasih juga penulis ucapkan kepada Sopian, Dinda dan Aswa yang telah membantu menyediakan peralatan, kebutuhan penyelidikan, dan foto-foto dokumentasi.

ACUAN

- Abdurahman, O., Winarto, J.B., Budiyanto, Sukandar, E., 2018. Studi Pendahuluan Fosil Gigi Megalodon Daerah Kalibunder Kabupaten Sukabumi Jawa Barat. Laporan Kegiatan Museum Geologi, Bandung, tidak diterbitkan.
- Adam, D.T., 2021. Megalodon: Otodus megalodon. Creature Studio. Deviant-Art. <https://www.deviantart.com/creature-studios/art/Megalodon.865468963>.
- Alzwar, M., Akbar, N., dan Bachri, S., 1992. *Peta Geologi Lembar Garut dan Pameungpeuk, Jawa, Skala 1:100.000 Edisi ke 2*. Pusat Survei Geologi. Badan Geologi. Bandung.
- Antunes, M.T., Legoinha, P., and Balbino, A.C., 2015. Megalodon, Mako Shark and Planktonic Foraminifera from the Continental Shelf Off Portugal and Their Age. *Geologica Acta*, 13(3): 181-190. Doi: 10.1344/GeologicaActa.
- Aquilera, O. and De Aquilera, D.R., 2004. Giant-Toothed White Sharks and Wide-Toothed Mako (Lamnidae) from the Venezuela Neogene: Their Role in the Caribbean, Shallow-water-Fish Assemblage. *Caribbean Journal of Science*, 40(3): 368-382 [M. Uhen/M. Uhen/C. Pimiento]
- Boggs, S.Jr., 2006. *Principles of Sedimentology and Stratigraphy*. Fourth edition. Pearson Education, Inc. USA.
- Boessenecker, R.W., Ehret, D.J., Long, D.J., Churchill, M., Martin, E., and Boessenecker, S.J., 2019. The Early Pliocene Extinction of the Mega-Toothed Shark Otodus megalodon: a View from the Eastern North Pacific. *Peer. J.* DOI 10.7717/peerj.6088.
- Bradford, R.W., Patterson, T.A., and Rogers, P.J., 2020. Evidence of Diverse Movement Strategies and Habitat use by White Sharks, *Carcharodon carcharias*, off Southern Australia. *Marine Biology*, 167: 96
- Clement, B. and Hall, R., 2007. Cretaceous to Late Miocene Stratigraphic and Tectonic Evolution of West Java. *Proceedings, Indonesian Petroleum Association, 31st Annual Convention and Exhibition*.
- Cooper, J.A., Pimiento, C., Ferrón, H.G., and Benton, M.J., 2020. *Body Dimensions of the Extinct Giant Shark Otodus megalodon: a 2D Reconstruction*. Scientific Report of Nature 10.
- Daidu, F., 2013. Classifications, Sedimentary Features and Facies Associations of Tidal Flat. *Journal of Paleogeography*, 2(1): 66-80. DOI: 10.3724/SP.J.1261.2013.00018
- Ehret, D.J., Hubbell, G., and Mac Fadden B.J., 2009. Exceptional Preservation of the White Shark *Carcharodon* (Lamniformes, Lamnidae) from the Early Pliocene of Peru. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 29: 1-3.
- Giusti, E., 2007. Megalodon: Largest Shark that Ever Lived. Megalodon, A Summative Evaluation.
- Gottfried, M.D., Compagno, L.J V., and Bowman, S.C., 1996. Chapter 7. Size and Skeletal Anatomy of the Giant Megatooth Shark *Carcharodon megalodon*. pp. 55-66. In: Klimley, A.P. and Ainley, D.G. (eds.), *Great White Sharks the Biology of Carcharodon carcharias*. Academic Press. San Diego, CA. 517p.
-

- Fermana, D.A., Luthfi, M., dan Kadarisman, D.S., 2018. Geologi dan Analisa Sifat Fisik Andesit Potensi sebagai Bahan Baku Industri Daerah Sukajadi dan Sekitarnya Kecamatan Jampang Kulon Kabupaten Sukabumi Jawa Barat. *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik Geologi*, 1(1):.
- Hall, R., 2009. Southeast Asia's Changing Palaeogeography. *Blumea*, 54: 148-161. Doi: 10.3767/000651909X475941.
- Hamilton, W., 1973. Tectonic of the Indonesian Region. *Geol. Soc. Malaysia Bulletin*, 6: 3-10.
- Kocsis, L. and Razak, H., 2018. Late Miocene Otodus (Megaselachus) megalodon from Brunei Darussalam: Body Length Estimation and Habitat Reconstruction. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie - Abhandlungen*, 288: 299-306.
- Kowinsky, J., 2021. Celebrating of The Richness of Paleontology Trough Fossil Hunting: The Size of Megalodon. <https://www.fossilguy.com/topics/megsize/megsize.htm>.
- Nichols, G., 2009. *Sedimentology and Stratigraphy*. Second edition. Wiley Blackwell., A John Wiley & Sons, Ltd., Publication, The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex. U.K.
- Pimiento, C. and Balk, M.A., 2015. Body-size Trends of the Extinct Giant Shark Carcharocles megalodon: a Deep-time Perspective on Marine Apex Predators. *Paleobiology*, 41(3): 479-490. Doi: 10.1017/pab.2015.16.
- Purdy, R.W., 2006. *A Key to the Common Genera of Neogene Shark Teeth*. Smithsonian Institution, Washington, pp. 5-24.
- Reolid, M. and Molina, J.M., 2015. Record of Carcharocles megalodon in The Eastern Guadalquivir Basin (Upper Miocene, South Spain). *Estudios Geológicos*, 71(2): 032. Doi: 10.3989./egeoll.41828.342.
- Shimada, K., 2019. The size of the Megatooth Shark, Otodus megalodon (Lamniformes: Otodontidae), Revisited. *Historical Biology*. DOI: 10.1080/08912963.2019
- Shimada, K., Becker, M.A., and Griffiths, M.L. 2020. Body, Jaw, and Dentition Lengths of Macrophagous Lamniform Shark, and Body Zise Evolution in Lamniformes with Special Reference to 'off-the scale Gigantism of the megalooth Shark, O. megalodon. *Historical Biology*: 1-17. Doi:10.1080/08912963.2020.1812598.
- Simandjuntak, T.O., 2015. *Tektonika*. Cetakan keempat. Sekretariat Badan Geologi, Bandung.
- Suharyogi, I.Y.P., Wibowo, U.P., Djafar, A., and Jayanti, A., 2019. Shark Fossil from Bogorejo, Blora (Central Java, Indonesia). *Proceeding Joint Covention HAGI-IAGI-IAFMI-IATMI, Yogyakarta*.
- Sukanto, Rab. 1975. *Peta Geologi Lembar Jampang dan Balekambang, Skala 1:100.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Sunardi, E., 2014. Reaktivasi Sesar Tua dan Pengaruhnya terhadap Pembentukan Stuktur Geologi dan Cekungan Kuarter di Daerah Bandung-Garut. *Bulletin of Scientific Contribution*, 12(2): 63-68
- Trif, N., Ciobanu, R., and Vlad, C., 2016. The First Record of The Giant Shark Otodus Megalodon (Agassiz, 1835) from Romania. *Brukenthal Acta Musei*, 11(3): 507-526.
- Van Bemmelen, R.W. 1949. *The Geology of Indonesia and Adjacent Archipelagoes, General Geology*. Martinus Nijhoff the Hague. Vol. IA: 25-28.
- Weng, K.C., Boustany, A.M., Pyle, P., Anderson, S.D., Brown, A., and Barbara, A.B., 2007. Migration and Habitat of White Sharks (Carcharodon carcharias) in the Eastern Pacific Ocean. *Marine Biology*, 152: 877-894. DOI 10.1007/s00227-007-0739-4.
- Wibowo, A. 2021. South East Asia's Megalodon Shark First Record and Habitat Preference Modeling during Miocene Period (20Ma) and Winter Monsoon Impact in South Coast of West Java. Preprints (www.preprint.org)/not peer-reviewed. Doi:10.20944/preprint.
- Yudha, D.S., Ramadhani, E., Suriyanto, R.A., and Novian, M.I., 2018. The Dversivity of Shark Fossil in Plio-Pleistocene of Java, Indonesia. *AIP Conference Proceedings*. 020013-1–020013-2.