

**IDENTIFIKASI DAN KLASIFIKASI *CARCHAROCLES MEGALODON* : HIU PURBA  
RAKSASA YANG HIDUP DI ZAMAN MIOSEN**

*(Identification and Classification of Carcharocles Megalodon: The Giant Ancient Shark  
that Lived in the Miocene Era)*

**Julydio Windu Nugroho\* dan Muhammad Samba Al-Faraby L.P**

Universitas Pendidikan Indonesia, Jl. Dr. Setiabudi No. 229, Isola, Kec. Sukasari, Kota  
Bandung, Jawa Barat 40154, Indonesia

\*Corresponding author, e-mail: [julydiown@upi.edu](mailto:julydiown@upi.edu)

**ABSTRACT**

*Carcharocles megalodon is the largest shark species that has ever lived in the world. Based on the morphology and distribution of its teeth, Megalodon was an apex predator with a total body length of 18 meters. Megalodon is a cosmopolitan species with a worldwide distribution of fossils that lived about 2.3 to 2.6 million years ago during the Early Miocene to Late Pliocene. However, the classification of C. megalodon has a lot of interpretation debate. The main objective of this research is to identify Carcharocles megalodon to study the physiological, morphological, and ecological relationship to the environment and to determine the classification of Carcharocles megalodon which has the highest accuracy. The nature of this research is qualitative and quantitative, which is a research approach that produces descriptive data in the form of written or image data, and looks for similarities based on the formulas of experts and the behavior of the object under study accompanied by literature study methods obtained by reading, reviewing and analyzing journals. The results obtained are more specific body sizes of Carcharocles megalodon in the range of 2.20 to 17.90 m with an average body size of 10.02 m in the entire era. Biologically similar to the great white shark (Carcharodon Carcharias). The most accurate classification for C. megalodon is from the order Lamniformes with the genus Carcharocles and the family Otodindae.*

**Keywords:** *Carcharocles megalodon, Classification, Ecology, Morphology, Physiology*

**ABSTRAK**

Carcharocles megalodon adalah spesies hiu terbesar yang pernah hidup di dunia. Berdasarkan morfologi dan distribusi giginya, Megalodon merupakan predator puncak dengan total panjang tubuh mencapai 18 meter. Megalodon merupakan spesies kosmopolitan dengan distribusi fosil yang mendunia yang hidup sekitar 2,3 hingga 2,6 juta tahun yang lalu pada kala Miosen Awal hingga Pliosen Akhir. Namun pada pengklasifikasian C. megalodon memiliki banyak perdebatan interpretasi. Tujuan utama dari penelitian ini adalah mengidentifikasi Carcharocles megalodon untuk mengkaji fisiologis, morfologis, dan hubungan ekologis terhadap lingkungan serta menentukan pengklasifikasian Carcharocles megalodon yang memiliki keakuratan tertinggi. Sifat penelitian ini kualitatif dan kuantitatif, yaitu suatu

pendekatan penelitian yang menghasilkan data deskriptif berupa data-data tertulis atau gambar, serta mencari persamaan berdasarkan rumus para ahli dan perilaku objek yang diteliti disertai dengan metode studi literatur yang diperoleh dengan membaca, mengkaji dan menganalisis jurnal. Hasil yang didapatkan adalah ukuran tubuh lebih spesifik *Carcharocles megalodon* berada di kisaran 2.20 sampai 17.90 m dengan rata - rata tubuh 10.02 m pada keseluruhan zaman. Secara biologis mirip dengan hiu putih (*Carcharodon Carcharias*). Klasifikasi yang paling akurat untuk *C. megalodon* adalah dari ordo Lamniformes dengan genus *Carcharocles* dan *famili Otodindae*.

**Kata-kata kunci :** *Carcharocles megalodon*, Ekologi, Fisiologi, Klasifikasi, Morfologi

## PENDAHULUAN

Megalodon (*Carcharocles megalodon*) merupakan spesies hiu terbesar di seluruh lautan bumi dimana ia pernah hidup (Gottfried et al, 1996). Berdasarkan morfologi dan distribusi giginya, Megalodon merupakan predator puncak dengan total panjang tubuh mencapai 18 meter. *C. megalodon* diasumsikan ukurannya dapat bertambah sepanjang masa keberlangsungan spesiesnya, informasi ukuran yang dikenal oleh masyarakat umum sekarang merupakan ukuran *C. megalodon* terakhir kali ia punah (Gottfried et al, 1996; Pimiento et al, 2010; Pimiento et al, 2013). Distribusi fosil Megalodon hampir mendunia, Megalodon merupakan spesies kosmopolitan yang hidup sekitar 23-2,6 juta tahun yang lalu pada masa Miosen Awal hingga Pliosen Akhir. (Applegate dan Espinosa-Arrubarrena, 1996; Gottfried et al,1996; Purdy 1996; Purdy et al, 2001; Cappetta, 2012; Pimiento dan Clements, 2014).

Predator puncak ialah dimana hewan tersebut berdiri pada puncak rantai makanan, dimana predator puncak tidak memiliki pemangsa lagi dan tidak ada yang memangsanya. Ekosistem sangat dipengaruhi oleh predator puncak (*apex predator*), dimana punahnya spesies predator puncak dapat membuat efek domino kepada semua sistem rantai makanan. (Myers et al, 2007; Terborgh et al, 2010; Estes et al, 2011). Punahnya Megalodon berpotensi mempengaruhi fungsi dan struktur ekosistem purba (Pimento dan Clements, 2014). Catatan fosil pada Megalodon tidak lengkap, karena itu tidak ada yang tahu pasti tentang penyebab kepunahan *C. megalodon*.

Berdasarkan filogenetik, *C. megalodon* memiliki hubungan filogeni dengan Hiu putih besar (*C. carcharias*) (e.g., Long and Waggoner 1996; Martin 1996). Namun beberapa literatur lain mengatakan tidak ada pertimbangan mengenai filogeni pada spesies *C. megalodon* dengan semua nenek moyangnya. Hal ini menyebabkan perdebatan yang berlangsung lama mengenai taksonomi *C. megalodon*, dengan berbagai interpretasi. Misalnya dalam literatur lain, menyebutkan bahwa Megalodon merupakan genus *Carcharodon* (e.g.,Applegate dan Espinosa-

Arrubarrena, 1996; Gottfried et al,1996; Purdy, 1996).

Tujuan utama dari penelitian ini adalah mengidentifikasi *Carcharocles megalodon* untuk mengkaji bagaimana fisiologis, morfologis, dan hubungan ekologis terhadap lingkungan serta menentukan pengklasifikasian *Carcharocles megalodon* yang memiliki keakurasian paling tinggi. Manfaat dari penelitian ini dapat memberikan wawasan dan berbagai perspektif tentang makhluk purba ini baik dari segi biologis maupun bagaimana hewan purba ini dengan hewan purba lainnya hidup di zaman miosen. Terdapat beberapa perbedaan mengenai pengklasifikasian taksonomi megalodon. Maka dari itu urgensi dari penelitian ini akan dicari mana klasifikasi yang mempunyai keakurasian paling tinggi, lalu sedikitnya publikasi ilmiah tentang hewan purba seperti *Carcharocles megalodon* dalam bahasa Indonesia.

Penelitian ini diharapkan agar bisa mengedukasi dan memberi perspektif pembaca, serta memberikan informasi tentang *Carcharocles megalodon* dan interaksi dengan hewan lain dan lingkungannya di zaman miosen.

### **METODE PENELITIAN**

Penelitian PKM ini mempunyai sifat kualitatif dan kuantitatif dimana data deskriptif seperti data-data tulisan ataupun foto/gambar diperoleh melalui pendekatan penelitian disertai dengan pendekatan melalui teori-teori ataupun rumus para ahli. Sedangkan jenis penelitian PKM ini ialah deskriptif yang berarti penelitiannya bertujuan untuk mendeskripsikan bagaimana identifikasi serta klasifikasi *C. megalodon*, diantaranya morfologi, fisiologi, dan ekologi, sesuai dengan tujuan penelitian.

Metode pada penelitian ini disertai oleh metode studi literatur, yaitu serangkaian kegiatan yang berkaitan dengan metode pengumpulan data pustaka, membaca dan menulis/catat, serta mengolah bahan penelitian (Zed, 2008:3). Data-data literatur tersebut diperoleh dengan membaca, mengkaji dan menganalisis jurnal.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Deskripsi biologis Megalodon

#### 1. Morfologi

**Tabel 1.** Statistik deskriptif ukuran tubuh *Carcharocles megalodon* (m)

	<i>n</i>	Min	Max	Mean	Mean (log 10)	Mode	Mode (log 10)	Skew (log 10)	Kurtosis (log 10)	<i>p</i> -value (K.S.)
All	544	2.20	17.9	10.02	0.97	10.54	1.02	-0.84	0.43	
P	260	2.92	17.68	10.29	0.99	10.18	1.01	-0.79	0.69	0.58
LM	170	2.20	17.00	10.22	0.98	11.59	1.06	-1.13	1.37	
MM	114	2.81	17.90	9.12	0.92	9.32	0.97	-0.37	-0.93	0.02

Dapat dilihat pada sampel fosil di seluruh zaman berdasarkan waktu waktu. Nilai penting dalam huruf tebal. P=Pliosen (5,33–2,58 Ma), LM= Miosen Akhir (11,61–5,33 Ma), MM=Miosen Tengah (15,97–11,61 Ma). Rata - rata panjang *C. megalodon* dari masa secara keseluruhan adalah 10.02 m dengan modus 10.54 m dengan grafik kemiringan yang sangat negatif (menjorok ke kiri dengan nilai -0.84) dengan ketajaman grafik 0.43

Megalodon mempunyai tubuh berbentuk torpedo (fusiform). Bagian atas tubuhnya mempunyai warna yang gelap menyesuaikan dengan warna air laut, sedangkan bagian bawah tubuhnya mempunyai warna cerah untuk melakukan kamuflase.

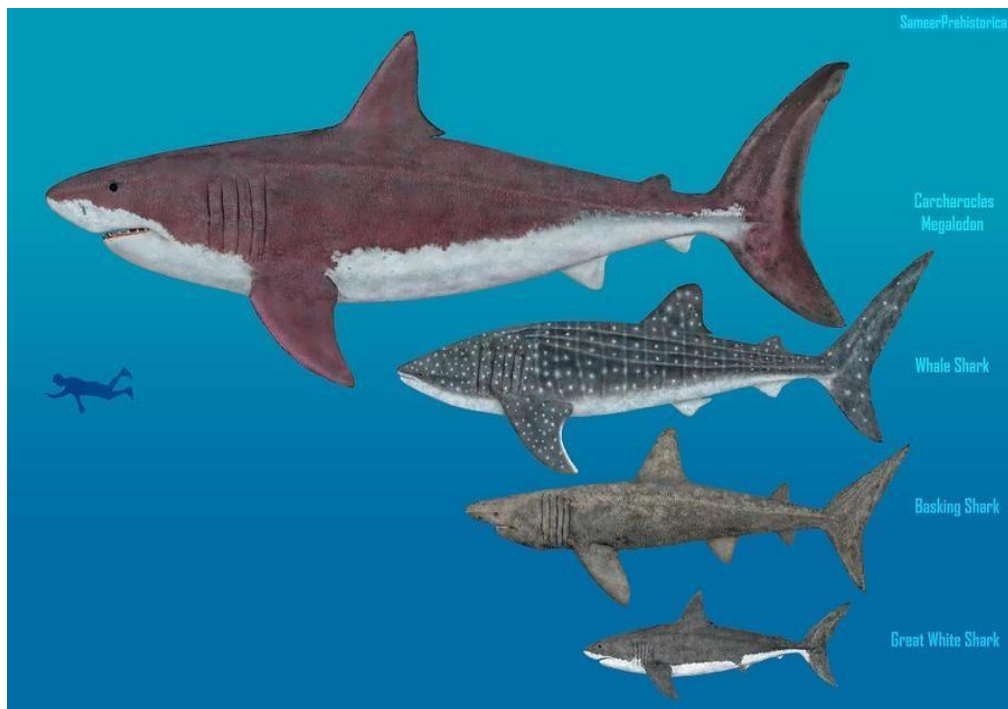
*C. megalodon* mempunyai sebuah sirip dorsal berbentuk segitiga yang lengkung, sirip anus, sepasang sirip pektoral, dua sirip tambahan (adiposa) dibagian atas dan bawah, dan sirip ekor berbentuk bulan sabit. Megalodon merupakan anggota kelompok *Mega tooth*, hiu raksasa purba ini memiliki gigi dimana satu gigi besarnya mencapai tinggi total 168 mm (Gottfried, Compagno dan Bowman, 1996) dengan moncong pendek berbentuk kerucut dan mata hitam besar.

*C. megalodon* memiliki karakteristik gigi dengan ukuran yang besar, berbentuk segitiga, bergerigi halus diujung giginya, wajah lingual cembung, cenderung cembung datar ke labial wajah serta leher yang besar seperti bentuk v (Pimiento, 2010) Spesimen remaja hiu purba raksasa ini ada yang mempunyai cusplets lateral (Applegate dan Espinosa-Arrubarrena, 1996) bahkan ada yang tidak memilikinya (Ward dan Bonavia, 2001). Ukuran, bentuk gigi serta rahang

*C. megalodon* beragam, diantaranya : gigi anterior besar dan simetris sedangkan gigi latero-posterior asimetris dengan mahkota miring. Pada bagian antero- posterior melalui rahang, ada sedikit peningkatan ukuran di kedua sisi garis tengah, diikuti oleh penurunan progresif yang berlanjut ke gigi terakhir (Purdy et.al, 2001). Secara keseluruhan ciri morfologi Megalodon terlihat mirip dengan hiu putih.



**Gambar 1.** Koleksi fosil gigi *Carcharocles megalodon* dari Formasi Gatun.  
doi:10.1371/journal.pone.0010552.g002.



**Gambar 2.** Perbandingan antara hiu megalodon, hiu paus, hiu raksasa, dan hiu putih (Sameerprehistorica, 2018)

## 2. Ekologi dan Adaptasinya

Sistem dan adaptasi fisiologi dan ekologi dari *C. megalodon* sama seperti hiu - hiu pada umumnya seperti contohnya memiliki telinga yang dilengkapi sel - sel yang peka terhadap tekanan di sepanjang tubuhnya untuk mendeteksi ikan disekitarnya. Banyak hiu makro predator besar saat ini dikenal memakan mamalia laut, terutama hiu putih besar. Namun, hiu putih remaja tidak memakan anjing laut sejak awal. Sebaliknya, mereka mulai memakan ikan dan hiu yang lebih kecil (Estrada, Rice, Natanson & Skomal, 2006) Pada Formasi Gatun di Panama banyak ditemukan fosil hiu, pari dan otolith (struktur dari telinga bagian dalam ikan), serta sejumlah besar invertebrata seperti moluska (Pimiento, Ehret, MacFadden & Hubbell, 2010; Pimiento et al, 2013).

Tetapi, sesuatu yang tidak ditemukan adalah fosil mamalia laut. Hal ini tampaknya menunjukkan bahwa *C. megalodon* muda juga memakan ikan dan hiu yang lebih kecil daripada langsung mengejar mamalia laut. Ini adalah sesuatu yang disebut perubahan ontogenetik dalam pola makan, yang berarti bahwa hiu mengubah sumber makanan pilihannya seiring pertumbuhannya. Dengan makan makanan yang lebih besar, dan mungkin banyak, saat mencapai ukuran dewasanya, Megalodon akan mampu mempertahankan kebutuhan metabolisme yang begitu besar. Itu bisa melakukan ini dengan memakan tidak hanya ikan paus, tetapi apa saja yang ditemuinya.

Beberapa fosil telah ditemukan milik berbagai cetacea dengan bekas gigitan yang mencolok pada mereka. Salah satu contoh yang dikutip dengan baik berasal dari formasi Yorktown di Maryland, di mana beberapa tulang ikan paus memiliki bekas gigitan yang jelas dibuat oleh gerigi besar (Purdy, 1996). Faktanya, gigi Megalodon terkadang ditemukan berhubungan langsung dengan tulang tersebut (Aguilera, García & Cozzuol, 2008). Hiu kehilangan dan mengganti gigi ribuan kali sepanjang hidup mereka, dan dengan demikian hiu sering kehilangan gigi saat melakukan pembunuhan yang kejam. Ini adalah alasan utama mengapa gigi hiu adalah fosil yang umum. Kehadiran gigi hiu tepat di tulang ikan paus yang tergores memang menunjukkan bahwa sedang berlangsung makan

Ada suatu fosil yang melibatkan hiu purba raksasa ini dalam upaya pemangsa. Dan, yang terpenting, kita tahu ini terutama karena usahanya gagal. Sebuah makalah yang diterbitkan pada tahun 2010 (Kallal, Godfrey & Ortner, 2010) menggambarkan tulang rusuk parsial Pliosen fosil milik cetacea dari formasi Yorktown di North Carolina . Fosil ini juga menunjukkan kerusakan yang menyerupai bekas gigitan, tetapi tampaknya ada anyaman tulang yang menutupi bekas gigitan tersebut. Sebagian penulis menafsirkan ini sebagai tanda infeksi yang terjadi saat hewan tersebut pulih dari trauma tulang yang disebabkan

oleh bekas gigitan tersebut. Tanda ini cocok dengan gigitan bergerigi, menunjukkan bahwa penyerang memiliki gigi bergerigi – seperti Megalodon. Oleh karena itu, penelitian menunjukkan bahwa Megalodon, atau hiu besar lainnya, telah menyerang hewan asal fosil tersebut, tetapi korban selamat dari upaya tersebut hanya untuk mati karena infeksi akibat lukanya enam minggu kemudian (Kallal, Godfrey & Ortner, 2010)].

Bahkan baru-baru ini, bekas gigitan fosil pertama yang ditemukan di belahan bumi selatan yang dikaitkan dengan Megalodon ditemukan di formasi Pisco Peru (Collareta et al. 2017). Mungkin memang demikian, karena ini adalah situs yang sama di mana Gordon Hubbell menemukan fosil *Carcharodon*-nya yang luar biasa. Bahan yang digigit yang ditemukan di sini termasuk tengkorak dan tulang rusuk, menunjukkan bahwa hiu telah menggigit targetnya dari samping. Yang paling signifikan, sisa-sisa diidentifikasi untuk spesies individu untuk pertama kalinya - spesies itu adalah *Piscobalaena nana*, paus balin kecil. Seperti pada fosil jejak lainnya, bekas gigitan sangat cocok dengan gigi bergerigi besar – kasus yang bagus untuk menuduh Megalodon melakukan penyerangan (Gambar 2). Oleh karena itu tampak bahwa Megalodon juga mampu menargetkan paus yang lebih kecil (baik itu pemangsa atau pengais), sangat sesuai dengan saran bahwa kemungkinan juga menargetkan lumba-lumba, penyu dan mangsa kecil lainnya.



**Gambar 3.** Ilustrasi *C. megalodon* memangsa paus balin kecil, rekayasa ulang kejadian yang mungkin menyebabkan bekas gigitan pada fosil paus balin. Karya seni oleh Alberto Gennari (Collareta et al. 2017).

Mengingat *C. megalodon* adalah predator puncak, predator puncak ialah dimana hewan tersebut berdiri pada puncak rantai makanan, dimana predator puncak tidak memiliki pemangsa lagi dan tidak ada yang memangsanya. Ekosistem sangat dipengaruhi oleh predator puncak (*apex predator*), dimana punahnya spesies predator puncak dapat membuat efek domino kepada semua sistem rantai makanan (Myers et al, 2007; Terborgh et al, 2010; Estes et al, 2011). Punahnya Megalodon berpotensi mempengaruhi fungsi dan struktur ekosistem purba (Pimento dan Clements, 2014).

### **Klasifikasi**

Panama tahun 1862 dilaporkan pertama kalinya fosil hiu ditemukan. Pada 1984, awal dideskripsikan pada subkelas *elasmobranch* dari Formasi Gatun (Gillette, 1984). Gatun merupakan formasi geologi serta fosil yang berada di Tanah Genting Panama dengan beragam fauna hiu (Gillette, 1984; Pimiento C, 2010). Gatun di selat yang menghubungkan Samudera Pasifik dan Laut Karibia pada akhir Miosen (Coates, 1996). Pada tahun 2010, Gatun mendokumentasikan keanekaragaman hayati fosil hiu dari koleksi baru dan besar serta terdiri dari 16 taksa yang teridentifikasi.

Pengklasifikasian taksonomi *C. megalodon* terdapat perdebatan selama hampir satu abad ini. Pengklasifikasian tersebut setidaknya terdapat tiga interpretasi. Sebagian penulis atau literatur menempatkan *C. megalodon* dengan yang lainnya hiu bergigi besar dengan hiu putih yang masih hidup sampai sekarang (*Carcharodon carcharias*) pada genus yang sama yaitu *Carcharodon* dan keluarga yang sama (*Lamnidae*) itu karena megalodon memiliki bentuk dan rupa yang sangat mirip dengan hiu putih terutama pada fosil (*sentrum vertebrae*) (Gottfried, Compagno, Bowman, 1996; Applegate dan Espinosa-Arrubarrena, 1996; Purdy, 1996).

Literatur lainnya *C. megalodon* dan hiu bergigi besar ditempatkan pada genus yang berbeda (*Carcharocles*) dan keluarga (*Otodontidae*), karena Megalodon memiliki bentuk dan sifat gigi yang sama dengan gigi hiu dari garis *Carcharocles* (hiu-hiu yang hidup di zaman dinosaurus), selain itu *C. megalodon* hidup pada zaman meosen sampai pliosin.



**Gambar 4.** Perbandingan gigi dinosaurus dan megalodon

Dalam pandangan yang minoritas, sebagian peneliti mengidentifikasi hiu bergigi besar adalah rangkaian kronospecies dari genus *Otodus* yaitu hiu purba bergigi besar yang hidup di zaman pleiosen sampai pliosen, seperti *C. megalodon*. Mereka mengklasifikasi genus *C. megalodon* sebagai *otodus* berdasarkan gigi nya yang besar serta hidup di zaman pleiosen sampai pliosen. Berikutnya, *C megalodon* ditempatkan ke dalam genus *Megaselachus*, berdasarkan tidak adanya cusplets lateral (Zhelezko, Kozlov, 1999).

Dari penelitian yang telah dilakukan, didapatkan bahwa lebih banyak probabilitas pada pendapat yang menyatakan bahwa *C. megalodon* termasuk dalam genus *Carcharocles* dan famili *otodindae* karena faktor kesamaan bentuk dan ukuran gigi dari *Carcharocles* dan kesamaan rentang zaman hidup dengan hiu - hiu dari famili *Otodindae*.

### **KESIMPULAN**

*C. megalodon* merupakan hiu predator puncak pada zaman meiosen sampai pliosen yang bisa mencapai panjang maksimal 17.9m dengan rata - rata tubuh 10.02m pada keseluruhan zaman. Secara biologis mirip dengan hiu putih (*Carcharodon Carcharias*). Klasifikasi yang paling akurat untuk *C. megalodon* adalah dari ordo *Lamniformes* dengan genus *Carcharocles* dan famili *Otodindae*.

### **UCAPAN TERIMAKASIH**

Terimakasih sebesar-besarnya kami ucapkan kepada pihak-pihak atau literatur yang telah membagikan hasil kajian dan penelitiannya. Oleh karena itu, karya tulis ini dapat diselesaikan dengan baik.

### **KONTRIBUSI PENULIS**

Penulis satu (Julydio Windu Nugroho) sebagai penyusun naskah artikel ilmiah beserta analisis data yang bersifat kualitatif. Penulis kedua (Muhammad Samba Al-Faraby LP) sebagai penyusun tujuan dan arah penelitian serta analisis data yang bersifat kuantitatif.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aguilera OA, García L & Cozzuol MA. 2008. Giant-toothed white sharks and cetacean trophic interaction from the Pliocene Caribbean Paraguaná Formation. *Palaontol. Z.* 82, 204-208.
- Applegate, S. P., and L. Espinosa-Arrubarrena. 1996. The fossil history of *Carcharodon* and its possible ancestor, *Cretolamna*: a study in tooth identification. Pp. 19–36 in Klimley and Ainley, eds. *Great white sharks: the biology of Carcharodon carcharias*. Academic Press, San Diego.
- Cappetta, H. 2012. *Handbook of paleoichthyology, Vol. 3B. Chondrichthyes (Mesozoic and Cenozoic Elasmobranchii: teeth)*. Gustav Fisher, Stuttgart.
- Coates, A.G. 1996. Lithostratigraphy of the Neogene strata of the Caribbean coast from Limon, Costa Rica, to Colon, Panama. In: Collins LS, Coates AG, eds. *A Paleobiotic Survey of Caribbean Faunas from the Neogene of the Isthmus of Panama*. Bulletin 357. Ithaca: Paleontological Research Institute, Ithaca. Pp 17–38.
- Collareta A, Lambert O, Landini W, Di Celma C, Malinverno E, Varas-Malca R, Urbina M & Bianucci G. 2017. Did the giant extinct shark *Carcharocles megalodon* target small prey? Bite marks on marine mammal remains from the late Miocene of Peru. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 469, 84-91.
- Estes, J. A., J. Terborgh, J. S. Brashares, M. E. Power, J. Berger, W. J. Bond, S. R. Carpenter, T. E. Essington, R. D. Holt, J. B. C. Jackson, R. J. Marquis, L. Oksanen, T. Oksanen, R. T. Paine, E. K. Pritchard, W. J. Ripple, S. A. Sandin, Virtanen, and D. A. Wardle. 2011. Trophic downgrading of planet Earth. *Science* 333:301–306M. Scheffer, T. W. Schoener, J. B. Shurin, A. R. E. Sinclair, M. E. Soule, R.
- Estrada JA, Rice AN, Natanson LJ & Skomal GB. 2006. Use of isotopic analysis of vertebrae in reconstructing ontogenetic feeding ecology in white sharks. *Ecology* 87, 829-834.
- Gillette DD. 1984. A marine ichthyofauna from the Miocene of Panama, and the Tertiary Caribbean faunal province. *J Vertebr Paleontol* 4: 172–186.
- Gottfried, M. D., L. J. V. Compagno, and S. C. Bowman. 1996. Size and skeletal anatomy of the giant “megatooth” shark *Carcharodon megalodon*. Pp. 55–89 in Klimley and Ainley, eds. *Great white sharks: the biology of Carcharodon carcharias*. Academic Press, San Diego.
- Long, D. J., and B. M. Waggoner. 1996. Evolutionary relationships of the white shark: a phylogeny of lamniform sharks based on dental morphology. Pp. 37–47 in Klimley and Ainley, eds. *Great white sharks: the biology of Carcharodon carcharias*. Academic Press, San Diego.
- Kallal RJ, Godfrey SJ & Ortner DJ. 2010. Bone reactions on a Pliocene cetacean rib indicate short-term survival of predation event. *Int. J. Osteoarchaeol.* 22, 253–260.
- Martin, A. P. 1996. Systematics of the Lamnidae and the origination time of *Carcharodon carcharias* inferred from the comparative analysis of mitochondrial DNA sequences. Pp. 49–53 in Klimley and Ainley, eds. *Great white sharks: the biology of Carcharodon carcharias*. Academic Press, San Diego.

- Myers, R. A., J. K. Baum, T. D. Shepherd, S. P. Powers, and C. H. Peterson. 2007. Cascading effects of the loss of apex predatory sharks from a coastal ocean. *Science* 315:1846–1850.
- Pimiento, C., and C. F. Clements. 2014. When did Megalodon become extinct? A new analysis of the fossil record. *PLoS ONE* 9: e111086. doi: 10.1371/journal.pone.0111086.
- Pimiento, C., Balk A. Meghan. 2015 .Body-size trends of the extinct giant shark *Carcharocles megalodon*: a deep-time perspective on marine apex predators. *Paleobiology* 41(3), 479-490
- Pimiento, C., Ehret DJ, MacFadden BJ & Hubbell G. 2010. Ancient nursery area for the extinct giant shark *Megalodon* from the Miocene of Panama. *PLoS One* 5, e10552.
- Pimiento, C., González-Barba G, Ehret DJ, Hendy AJ, MacFadden BJ & Jaramillo C. 2013. Sharks and rays (Chondrichthyes, Elasmobranchii) from the late Miocene Gatun formation of Panama. *J. Paleontol.* 87, 755- 774.
- Purdy, RW. 1996. Paleocology of fossil white sharks. In: *Great White Sharks: the biology of Carcharodon carcharias* (eds. Klimley AP & Ainley DG), 67-78, Academic Press, San Diego.
- Purdy, R. W., V. P. Schneider, S. P. Applegate, J. H. McLellan, R. L. Meyer, and B. H. Slaughter. 2001. The Neogene sharks, rays, and bony fishes from Lee Creek Mine, Aurora, North Carolina. *Smithsonian Contributions to Paleobiology* 90: 71–202.
- Rafferty, J. P. 2020. "Megalodon." *Encyclopedia Britannica*, October 23, 2020. <https://www.britannica.com/animal/megalodon>. Diakses tanggal 18 Juni 2021.
- Terborgh, J., R. D. Holt, and J. A. Estes. 2010. *Trophic cascades: predators, prey, and the changing dynamics of nature*. Island Press, Washington, D.C.
- Ward, Lauck, W. (2008). *Synthesis of Paleontological and Stratigraphic Investigations at the Lee Creek Mine, Aurora, N.C. (1958-2007)*. In: *Geology and Paleontology of the Lee Creek Mine, North Carolina, IV*. C.
- E. Ray, D. J. Bohaska, I. A. Koretsky, L. W. Ward, and L. G. Barnes eds. *Virginia Museum of Natural History Special Publication, No 14*. VMNH Publications, Martinsville, V.A. 2008. Smithsonian Institution Press, Washington D.C. pp. 325-436.
- Zhelezko V, Kozlov V (1999) *Elasmobranchii and Paleogene biostratigraphy of Transurals and Centre Asia. Materials on stratigraphy palaeontology of the Urals Vol 3*. Ekkaterinburg: Russian Academy of Science Urals Branch Uralian Regional Interdepartment Stratigraphical Comission. 324p.