

KETELITIAN PADA PENANGGALAN DALAM STUDI IKLIM MASA LAMPAU DENGAN MENGGUNAKAN CONTOH KORAL MODERN

The Accuracy of Chronology In Paleoclimate Study Using Modern Coral Sample

Sri Yudawati Cahyarini

Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI

ABSTRAK Dalam studi iklim masa lampau menggunakan arsip iklim (seperti koral, sedimen, pohon dan lain-lain), penentuan penanggalan (membangun kronologi) merupakan hal penting karena kesalahan dalam penanggalan dapat menjadi kesalahan dalam interpretasi iklim. Studi ini membahas penanggalan untuk studi iklim masa lampau dengan menggunakan arsip iklim koral. Tujuan penelitian ini untuk mengidentifikasi permasalahan yang muncul dalam membangun kronologi dan ketelitian dalam pembangunan kronologi berdasarkan perlapisan densitas koral. Dalam penelitian ini digunakan contoh koral *Porites* dari Pulau Jukung, Kepulauan Seribu. Analisis densitas koral dilakukan dengan CoralXDS dan kandungan kimia Sr/Ca dengan ICP OES. Hasil yang diperoleh menunjukkan penentuan kronologi tahunan berdasarkan densitas dalam satu koloni koral namun berbeda garis transeknya dapat menghasilkan perbedaan kronologi. Asumsi rata-rata pertumbuhan tahunan koral yang merupakan salah satu data input dalam perangkat lunak CoralXDS merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kronologi berdasarkan densitas koral. Permasalahan pembangunan kronologi tahunan berdasarkan densitas koral dapat diatasi dengan menggunakan data kimia koral.

Kata kunci: kronologi, densitas koral, Sr/Ca

Naskah masuk : 17 Maret 2015
Naskah direvisi : 19 November 2015
Naskah diterima : 10 Desember 2015

Sri Yudawati Cahyarini
Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI
Jalan Sangkuriang 40135, Bandung, Jawa Barat
E-mail: yuda@geotek.lipi.go.id

ABSTRACT In paleoclimate studies using climatic archives (such as corals, sediments, tree, etc.), chronology development is important because the error in chronology development may generate an error in the interpretation of climate. This study discussed chronology development in paleoclimate reconstruction using coral as climate archive. The objectives of this study is to identify the problems that arise in chronology development based on coral density band and its accuracy. In this study a *Porites* coral from Jukung Island, Seribu Islands complex is used as an example. CoralXDS software is used to coral density analysis and coral Sr/Ca is analyzed using ICP OES. The results show that the determination of the annual chronology based on coral density in the same coral colonies but different transect line can produce differences in chronology. The assumption of average annual growth of coral, which is one of the input data in the CoralXDS software, serves as one of the factors that affect the chronology based on the density of coral. Annual chronology development problems based on the density of corals can be overcome by using chemical data content in coral (e.g Sr/Ca).

Keywords: chronology, coral density, Sr/Ca

PENDAHULUAN

Kemampuan dalam penanggalan (pembangunan kronologi atau penentuan umur) dengan tepat merupakan hal penting dalam studi iklim masa lampau dengan menggunakan *proxy*. Bagaimanapun data *proxy* iklim dipengaruhi oleh ketidakpastian dalam penanggalan, penentuan umur sampai batas tertentu. Ketidakpastian ini menimbulkan tantangan serius dalam analisis signal iklim masa lampau dimana penentuan penanggalan tergantung juga pada perangkat lunak (coral xds, analyseries, SSA) dan metode

matematik (contoh *time series* analisis, analisis spectral, analisis regresi, *wavelet*, dll) yang mengasumsikan deret waktu sebagai urutan yang diketahui dengan sempurna. Ketidakpastian dalam kronologi dapat menyebabkan kesalahan dalam estimasi varian dari puncak dan kemiringan signal iklim (Comboul *et al.*, 2013). Penanggalan dengan system teknik *cross dating* (Hendy *et al.*, 2003) lebih memiliki ketepatan dalam penentuan kronologi dalam studi korall. *Luminescence* korall akan terlihat jelas pada lokasi dimana dekat dengan *discharge* sungai, sehingga akan mempengaruhi perlapisan korall tersebut sehingga penanggalan berdasarkan luminescence korall (Hendy *et al.*, 2003). Tipikal ketidakpastian dalam penanggalan untuk korall diperkirakan 1-2 tahun, namun tetap diperlukan perbaikan dalam penanggalan khususnya pada korall yang mampu merekam *proxy* dengan resolusi lebih detil yaitu bulan bahkan minggu (Dunbar & Cole, 1999; Mann *et al.*, 2000).

Dalam studi ini dibahas mengenai penanggalan dengan menggunakan *luminescence* atau perlapisan densitas korall dan kombinasikan dengan data *proxy* Sr/Ca. Karakteristik pola densitas korall pada garis transek dalam satu koloni korall akan diamati, data *proxy* Sr/Ca sepanjang transek akan digunakan sebagai perbandingan sehingga dapat diperkirakan ketidakpastian penanggalan. Studi ini menggunakan korall jenis *Porites* dari lokasi Jukung, Kepulauan Seribu.

METODOLOGI

Inti bor korall massif *Porites* diambil pada tahun 2005 di Pulau Jukung Kepulauan Seribu (kode sampel JU83T), sehingga penanggalan tahun pada top korall tersebut adalah 2005. Korall kemudian dipotong membentuk lempengan tipis setebal 5 mm. Lempengan tersebut kemudian dironsen untuk dapat melihat dengan jelas perlapisan pertumbuhan korall (detil metodologi bisa dilihat pada Cahyarini & Zinke, 2009). Satu pasang warna gelap dan terang dalam data citra hasil ronsen menunjukkan rendah dan tingginya densitas (*skeletal density*) korall yang mewakili satu tahun pertumbuhan korall (e.g. Felis & Padzol.,2004; Cahyarini & Suharsono,2014). Identifikasi densitas berdasarkan batas gelap/terang atau densitas rendah/tinggi pada foto ronsen korall dilakukan dengan perangkat lunak CoralXds (Helmle *et al.*, 2002) dengan *neighborhood* 1,5 cm, dengan asumsi

pertumbuhan korall *Porites* pertahun adalah 1cm (transek 1). Dalam studi ini juga dilakukan dua kali transek sebagai perbandingan, yaitu dengan *neighborhood* 1,5 cm (transek 2).

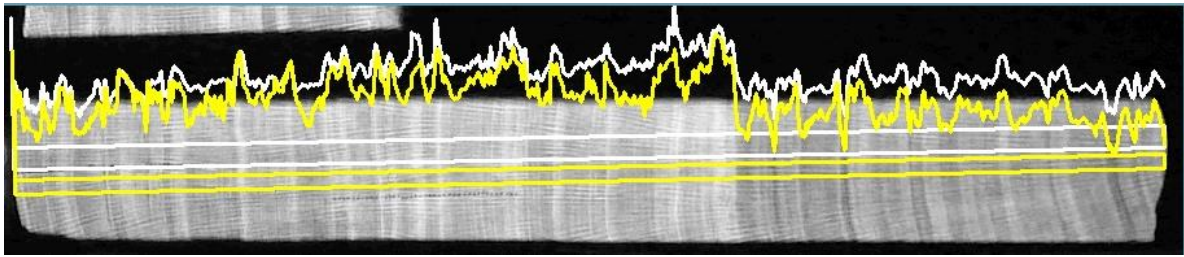
Lempengan korall juga dicuci dengan *ultrasonic bath* dan kemudian dilakukan pengambilan contoh sampel bubuk korall sepanjang sumbu pertumbuhannya, dengan menggunakan microdrilling dengan diameter drilling bit 0,7 mm. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan resolusi waktu bulanan, dengan perkiraan pertumbuhan korall pertahun adalah sekitar 1 cm. Sampel bubuk tersebut kemudian dilakukan analisis Sr/Ca dengan menggunakan ICP OES (detail lihat Cahyarini & Zinke, 2010). Dalam studi ini analisis kronologi hanya dilakukan pada bagian atas (*core top*) korall dan data Sr/Ca yang digunakan adalah contoh bagian *core top* dari korall Jukung dari Cahyarini & Zinke (2009).

Pembangunan kronologi berdasarkan Sr/Ca dilakukan mengikuti metode *peak matching* dengan data suhu permukaan laut atau dengan *anchor point* (detil lihat Cahyarini & Zinke 2010; Cahyarini *et al.*, 2009). Sr/Ca pada korall berkorelasi negatif dengan data suhu permukaan laut (SPL). Pada metode *peak matching* nilai maksimum SPL dibandingkan dengan nilai minimum Sr/Ca pada korall dan sebaliknya. Perangkat lunak yang digunakan adalah Analyseries (Paillard *et al.*, 1996). Metode *anchor point* dilakukan dengan meletakkan nilai waktu maksimum SPL pada nilai minimum Sr/Ca. Nilai maksimum SPL diperoleh berdasarkan data klimatologi SPL dimana nilai maksimum SPL di Pulau Jukung adalah Mei dan minimum SPL adalah Februari. Berdasarkan data tahun sebagai data *anchor point*, dilakukan interpolasi linear untuk mendapatkan kronologi dalam resolusi bulanan. Sampel Sr/Ca memiliki resolusi musim dimana satu sampel Sr/Ca mewakili satu bulan, sehingga untuk pembangunan kronologi dengan Sr/Ca digunakan SPL data bulanan (untuk detil metode *peak matching* maupun *anchor point* dapat dilihat pada Cahyarini *et al.*, 2009).

HASIL DAN DISKUSI

Kronologi berdasarkan perlapisan densitas korall

Identifikasi tinggi rendahnya densitas korall dilakukan berdasarkan data citra hasil ronsen korall transek 1 dan 2. Pada transek 1 dengan



Gambar 1. Hasil *radiograph* contoh sampel koral *Porites* JU83T yang menunjukkan perlapisan densitas koral dan garis transek dan diagram densitas koral JU83T pada transek 1 (kuning) dan transek 2 (putih).

neighborhood 1 cm dihasilkan kronologi koral Jukung pada *core top* adalah ~ 24 th untuk koral *core top* sepanjang 28,51 cm (Gambar 1). Pada transek 2 dihasilkan umur koral ~19 dengan *neighborhood* 1,5 cm. Pada metode ini terlihat bahwa penghitungan umur koral tergantung juga pada asumsi panjang koral pertahun yang digunakan sebagai data masukan *neighborhood*. Dengan panjang koral yang sama, pada dua garis transek yang berbeda akan menghasilkan pola tinggi rendah densitas yang sama pula, namun dapat menghasilkan umur koral yang berbeda jika digunakan data masukan panjang koral rata-rata yang berbeda. Hal ini tentu perlu menjadi perhatian dalam pembangunan kronologi dalam studi paleoiklim dengan menggunakan koral. Untuk itu diperlukan data kimia koral yang digunakan sebagai koreksi kronologi berdasarkan data perlapisan densitas.

Kronologi Berdasarkan Unsur Kimia (Sr/Ca) Koral

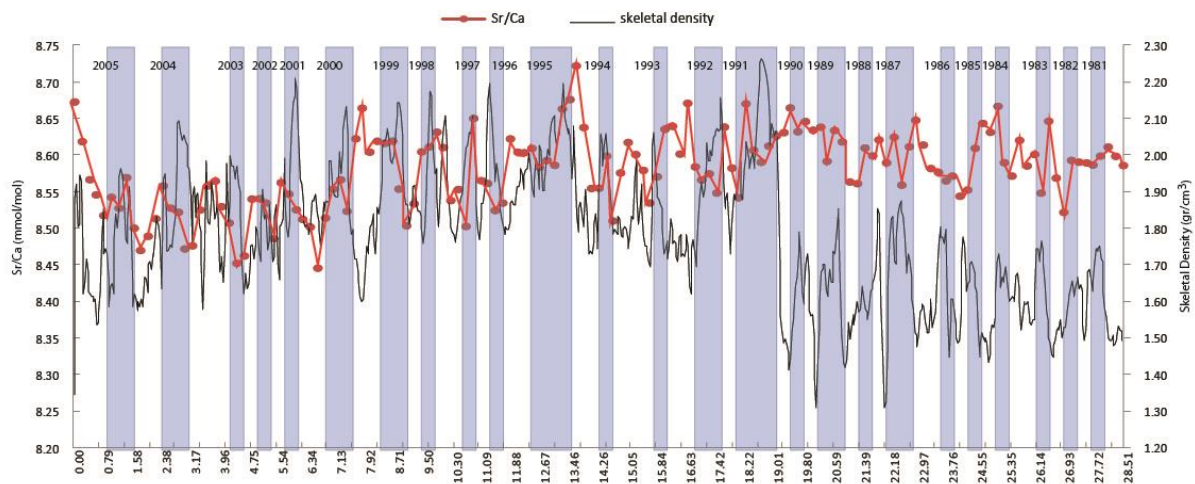
Perlapisan densitas koral, sampai saat ini hanya bisa menghasilkan kronologi dengan resolusi tahunan. Kecermatan dalam identifikasi batas tinggi rendahnya densitas, merupakan hal yang penting untuk diperhatikan karena dapat menimbulkan kesalahan dalam kronologi tahunan berdasarkan perlapisan densitas. Untuk itu, untuk membangun kronologi dengan lebih akurat dan dengan lebih detil (dalam kasus ini resolusi bulanan), digunakan data kimia Sr/Ca (Juillet-Leclerc *et al.*, 2001; de Villiers *et al.*, 1994; Cahyarini *et al.*, 2009). Terdapat dua metode yang digunakan yaitu *peak matching* dan *anchor points* (lihat Cahyarini *et al.*, 2009). Metode *anchor points* dapat dilakukan sepanjang ketersediaan data timeseries proxy koral, sehingga apabila tidak tersedia data SPL yang digunakan sebagai data

acuan, metode ini masih dapat dilakukan untuk membangun kronologi. Metode *peak matching* hanya dapat dilakukan sepanjang ketersediaan data SPL yang digunakan sebagai data acuan, namun metode *peak matching* tidak selalu menghasilkan koefisien korelasi antara *proxy* koral (Sr/Ca) dengan SPL yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode *anchor point*. Hal ini karena juga tergantung pada data SPL itu sendiri yang digunakan sebagai acuan (Cahyarini *et al.*, 2009). Jadi untuk data yang panjang, metode *anchor point* lebih sesuai untuk pembangunan kronologi.

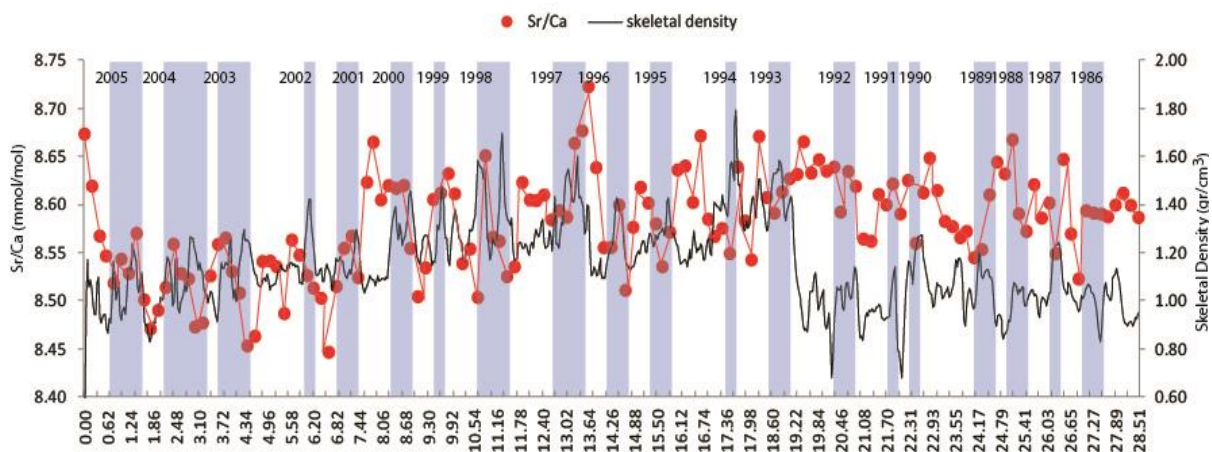
Perbandingan kronologi tahunan berdasarkan densitas dan Sr/Ca karang

Idealnya kronologi yang dihasilkan berdasarkan data kimia akan sama dengan kronologi hasil penghitungan perlapisan densitas koral. Jika satu data point koral Sr/Ca mewakili satu bulan maka idealnya 12 point data Sr/Ca koral akan sesuai dengan satu pasang gelap terang pada data ronsen koral (satu pasang tinggi rendah densitas koral) yang mewakili satu tahun pertumbuhan. Namun pada prakteknya masih terdapat perbedaan kisaran umur meskipun pada hasil identifikasi pada transek yang sama. Dalam studi ini, dalam satu tahun rata-rata terdapat 7-10 data point (satu data nilai Sr/Ca) selama 21 th pertumbuhan koral, sehingga diperkirakan bahwa untuk kronologi resolusi bulanan ketelitian mencapai 2-3 bulan.

Perbedaan hasil kronologi juga bisa terjadi pada pemilihan satu pasangan densitas tinggi dan rendah yang menunjukkan satu tahun. Gambar 2 dan 3 menunjukkan tinggi rendah densitas karang. Seperti terlihat pada Gambar 2 tersebut, satu pasang densitas tinggi-rendah terdapat pada kedalaman 0-1,58 cm, 1,58- 3 cm, 3-3,96 cm dan



Gambar 2. Densitas cangkang korai Porites JU83T (*skeletal density* gr/cm³) untuk transek 1 (hitam) dan kandungan Sr/Ca pada korai JU83T (merah). Satu tahun pertumbuhan diwakili oleh satu pasang densitas tinggi (arsir ungu) dan rendah (putih).



Gambar 3. Densitas cangkang korai Porites JU83T (*skeletal density* gr/cm³) untuk transek 2 (grafik hitam) dan kandungan Sr/Ca pada korai JU83T (grafik merah). Satu tahun pertumbuhan diwakili oleh satu pasang densitas tinggi (arsir ungu) dan rendah (putih).

seterusnya, sehingga dapat diduga bahwa korai tersebut memiliki kisaran penanggalan 2005 - 1981 (24 tahun). Dilain pihak, transek yang sama dapat menghasilkan batas berbeda untuk satu pasang densitas tinggi-rendah. Sebagai contoh pada hasil terlihat batas satu tahun meliputi kedalaman 0-1,24 cm, 1,24-3,10 cm, 3,10-4,34 cm dan seterusnya, sehingga dapat dikatakan bahwa umur karang tersebut 2005-1986 (19 tahun) (Gambar 3).

KESIMPULAN

Pembangunan kronologi dengan resolusi tahunan dapat dilakukan berdasarkan penghitungan perlapisan densitas. Perkiraan batas satu tahun pertumbuhan korai dapat berbeda-beda walau untuk transek yang sama. Hal ini tergantung pada asumsi awal yang digunakan untuk rata-rata pertumbuhan korai pertahun sebagai data masukan *neighborhood* dalam perangkat lunak corai XDS. Penggunaan data kimia korai yang lebih detil mampu mengatasi ketidak telitian dalam penentuan batas satu tahun pertumbuhan

dalam pembangunan kronologi resolusi tahunan. Penggunaan data kimia koral mampu memperkecil kesalahan kronologi, dan mampu mendapatkan kronologi lebih detail.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih pada Puslit Geoteknologi LIPI, program Insentif Riset peneliti 2011, program PN9 2012 dan juga kepada program mobility KNAW 2007. Terimakasih juga untuk mitra bestari anonim dan dewan redaksi untuk koreksi dan telaahannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Cahyarini S.Y., M.Pfeiffer, dan W-Chr.Dullo, 2009. Calibration of the Multicores Sr/Ca records-Sea Surface Temperature: Records from Tahiti Corals (French Polynesia), *International Journal of Earth Sciences*, 98, 31-40 (DOI: 10.1007/s00531-008-0323-2).
- Cahyarini S.Y. dan J. Zinke, 2010. Geochemical tracer in coral as a sea surface temperature proxy: records from Jukung coral, *ITB Journal*, 42(1), 65-72.
- Cahyarini, S.Y dan Suharsono, 2014. Variasi tahunan kecepatan kalsifikasi karang *Porites* berdasarkan analisis *Computed-Tomography Scan* (CT Scan) dan kaitannya terhadap SPL: wilayah studi perairan Biak, Papua, *Jurnal Riset Geologi dan Pertambangan*, 24(2), 145-158.
- Comboul, M., J. Emile-Geay, N. Mirnateghi, 2013. A probabilistic model of chronological errors in layer-counted climate proxies: applications to annually banded coral archives, *Proceeding The Third International Workshop on Climate Informatics National Center for Atmospheric Research, Boulder, Colorado*, September 26-27, 2013.
- de Villiers, S., G. T. Shen, dan B. K. Nelson, 1994. The Sr/Ca temperature relationship in coralline aragonite: Influence of variability in (Sr/Ca) seawater and skeleton growth parameters, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 58, 197-208.
- Dunbar, R.B. dan Cole, J.E., 1999, Annual records of tropical systems 796 (ARTS) recommendations for research. *PAGES Workshop Report, Series 99-1*, 72 pp.
- Felis, T. dan J. Pädzol, 2004. Climate reconstruction from banded coral. In: Shiyoma, M., et al., *Global environmental change from ocean and land*, Terrapub, 205-277.
- Hendy, E.J., M.K. Gagan dan J.M. Lough, 2003. Chronological control of coral records 28 using luminescent lines and evidence for 29 non-stationary ENSO teleconnections in 30 northeast Australia, *The Holocene* 13(2), 187-199.
- Helmle, K.P., K.E. Kohler, and R.E. Dodge, 2002. Relative optical densitometry and the coral X-radiograph densitometry system: CoralXDS, Presented Poster, *Int. Soc. Reef Studies 2002 European Meeting*. Cambridge, England. Sept. 4-7.
- Juillet-Leclerc, A. dan G. Schmidt, 2001. A calibration of the oxygen isotope paleothermometer of coral aragonite from Porites, *Geophysical Research Letters*, 28 (21), 4135-4138.
- Mann, M.E., Gille, E., Overpeck, J., Gross, W., Bradley, R.S., Keimig, 867 F.T. dan Hughes, M.K., 2000. Global temperature patterns in past centuries: an interactive presentation. *Earth Interactions*, 4, 1-29.
- Paillard, D., L. Labeyrie, dan P. Yiou, 1996. Macintosh program perform time-series analysis. *Eos Trans*, 77, 39.