

Potential Carbon Content and Inorganic Carbon Sequestration in the Karst Area of Silokek Geopark, Sijunjung Regency

Vera Pertiwi^{1*}, Chairul¹, Syamsuardi¹

¹Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas, Padang, Indonesia

Article History

Received : July 17th, 2024

Revised : July 30th, 2024

Accepted : August 18th, 2024

*Corresponding Author:

Vera Pertiwi, Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Padang, Indonesia;

Email:

verapertiwi896@gmail.com

Abstract: Climate change caused by increasing greenhouse gas emissions, especially CO₂, and deforestation, is an urgent global issue. The REDD+ program initiated by the UN aims to reduce carbon emissions and increase carbon storage in forests. One of the forests that can reserve carbon is the karst area with the ability to reserve carbon dioxide (CO₂). This study aims to determine the potential carbon content and carbon dioxide (CO₂) sequestration. This study was conducted using the chip sampling method and the XRF (X-ray Fluorescence) method analysis. Based on the research results, it is known that the Silokek Geopark karst area has three different limestone rock characteristics, and sample 3 is the type of rock with the highest CaO percentage. The potential inorganic carbon content is 4,908.07 tons/ha and carbon absorption is 18,012.60 tons/ha, categorized as high. The inorganic carbon content in the Silokek Geopark area is lower than the Biduk-biduk Karst area which is influenced by the area volume area and type of rock composition.

Keywords: CO₂ sequestration, geopark silokek, inorganic, karst, stock karbon.

Pendahuluan

Perubahan iklim global menjadi isu yang banyak diperbincangkan sebagai akibat dari terganggunya keseimbangan energi antara bumi dan atmosfer. Perubahan iklim adalah salah satu ancaman paling kritis terhadap populasi manusia dan organisme hidup lainnya di Bumi (Van de Perre *et al.*, 2018). Salah satu penyebab perubahan iklim global adalah peningkatan emisi gas CO₂ ke udara dan perubahan fungsi hutan akibat deforestasi dan perubahan tata guna lahan (IPCC 2014; Lee *et al.* 2018). Melalui Program Pengurangan Emisi dari Deforestasi dan Degradasi Hutan (REDD++) yang dicanangkan oleh PPB, dilakukan upaya dalam memitigasi perubahan iklim.

Tujuan REDD+ adalah untuk menjaga penyimpanan karbon hutan, dengan memperlambat dan menghambat bertambahnya gas emisi karbon serta memberikan perlindungan terhadap hutan dan pengurangan karbon yang disebabkan oleh

deforestasi (Keohane, 2016). Pada umumnya, ekosistem hutan tropis mengubah lebih banyak karbon di atmosfer menjadi biomassa dibandingkan dengan ekosistem darat manapun di bumi untuk setiap tahunnya (Marvin *et al.* 2014).

Salah satu ekosistem hutan yang terdapat di Indonesia adalah kawasan karst. Kawasan karst merupakan kawasan yang terbentuk melalui proses pelarutan batuan yaitu batuan gamping dengan kandungan kalsium (Ca), magnesium (Mg), dan kadar pH tinggi, serta kapasitas penyimpanan air yang rendah (Hao *et al.*, 2015). Bentang alam karst merupakan kawasan yang terbentuk akibat proses pelarutan alami yang terus terjadi oleh air hujan atau air tanah yang terjadi pada batuan dasar kalsium karbonat seperti batu kapur dan dolomit karst (Veress, 2020). Menurut Danardono *et al.* (2018) menyebutkan bahwa karst merupakan bentang alam dengan adanya gua dan memiliki kemampuan untuk menyerap karbondioksida (CaO *et al.*, 2018; Danardono *et al.*, 2019). Karbon yang terserap dalam

kawasan karst dikenal dengan karbon anorganik yang terserap melalui proses pembentukan bentang alam karst yang disebut karstifikasi (Cao *et al.*, 2018).

Provinsi Sumatera Barat terdapat salah satu kawasan karst yaitu Kawasan *Geopark* Silokek, yang terletak di Kabupaten Sijunjung, Sumatera Barat. Melalui Menteri Pariwisata Kabupaten Sijunjung, kawasan ini telah ditetapkan menjadi *geopark nasional* dan didukung oleh PP RI nomor 9 tahun 2019 tentang pengembangan taman bumi (*geopark*). *Geopark* ditetapkan sebagai suatu metode untuk pengembangan kawasan berkelanjutan yang memiliki keragaman geologi, hayati, dan budaya dengan menerapkan prinsip konservasi. *Geopark* didirikan oleh UNESCO untuk melindungi kawasan lindung berskala nasional dengan kekayaan geologi dan nilai estetika yang dapat dikembangkan secara lanjutan dengan mempertimbangkan aspek konservasi, pendidikan, dan pengembangan ekonomi (UNESCO, 2017).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan di kawasan Karst Biduk-Biduk, Kalimantan Timur menunjukkan potensi stok karbon organik adalah 7.773,358 ton/ha dan serapan karbon anorganik sebesar 9.026.535,502 ton/tahun (Danardono *et al.*, 2022). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa karbon anorganik memiliki potensi yang lebih tinggi dalam menyimpan karbon di alam dibanding biomassa organik. Penelitian ini dilakukan untuk melihat potensi kandungan karbon anorganik pada kawasan karst di Sumatera Barat, salah satunya di kawasan karst Geopark Silokek, Kabupaten Sijunjung.

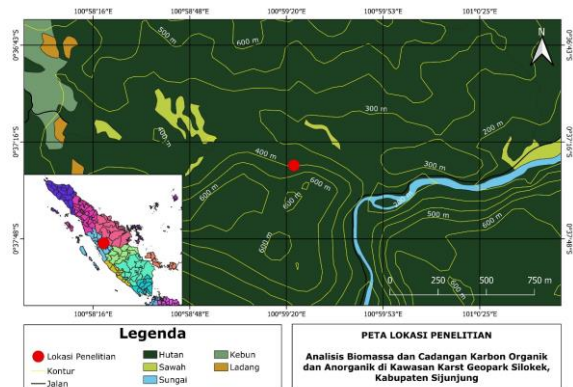
Bahan dan Metode

Waktu dan tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari-Mei 2024 pada Kawasan Karst Geopark Silokek, Kabupaten Sijunjung, Sumatera Barat. Kawasan ini terletak pada titik koordinat 00°37'23,4"S / 100°59'22,8"E. Kawasan Geopark Silokek memiliki luas ±1.300 km² dan terletak di Kecamatan Sijunjung dan Sumpur Kudus, Kabupaten Sijunjung.

Alat dan bahan

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah GPS, palu dan pahat, sekop tangan, timbangan digital, kamera digital, plastik packing kertas label, data sheet lapangan dan alat-alat tulis.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Metode penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode *purposive sampling* (pemilihan sampel batuan sesuai dengan tujuan penelitian). Selanjutnya dalam pengambilan sampel batuan digunakan metode *chip sampling*. Pengambilan sampel batuan menggunakan metode *chip sampling* dengan mengambil masing-masing batuan dengan karakteristik berbeda dan berat sebesar 2 gram per sampel batuan.

Sampel batuan yang diperoleh selanjutnya di analisis persentase CaO menggunakan metode XRF (*Xray Fluorescence*) (Annisa *et al.*, 2022). Analisis data menggunakan aplikasi *Qgis* untuk mengetahui luas volume batuan karst pada lokasi penelitian. Data yang digunakan untuk menghitung volume batugamping adalah citra DEMNAS yang dikeluarkan oleh Badan Informasi Geospasial. Volume batu gamping yang diukur dalam penelitian ini hanya batugamping di atas permukaan tanah karena pengambilan batugamping hanya dilakukan pada batugamping di atas permukaan tanah (Danardono *et al.*, 2019).

Analisis data

Pengukuran karbon anorganik pada bahan batu kapur dengan menggunakan rumus menurut (Danardono *et al.*, 2019) pada persamaan 1.

$$MC = \left[\frac{Ar C}{Mr CaCO_3} \times \frac{Mr CaCO_3}{Mr CaO} \times \%CaO \times BJ CaCO_3 \times V CaCO_3 \right] \quad (1)$$

Keterangan:

- MC = massa karbon dalam batu kapur (kg)
 Ar C = massa atom relatif karbon (12 g/mol)
 Mr CaCO₃ = massa atom relatif CaCO₃ (100 g/mol)
 Mr CaO = massa atom relatif CaO (56 g/mol)
 % CaO = persentase kandungan CaO pada batu kapur hasil analisis laboratorium
 BJ CaCO₃ = berat jenis CaCO₃ (2,71 g/cm³)
 V CaCO₃ = volume batu kapur

Perhitungan serapan CO₂ dapat dilakukan dengan menggunakan hasil perhitungan kandungan karbon (*C-stock*). Adapun rumus perhitungan serapan CO₂ menurut IPCC (2013) pada persamaan 2.

$$EC = 3.67 \times C \quad (2)$$

Keterangan :

- EC = Serapan CO₂ (ton CO₂/ha),
 3.67 = Nilai molekul relatif (MR CO₂ terhadap karbon: 44/12 (ton CO₂/ton C),
 C = Kandungan karbon tersimpan (ton C/ha)

Hasil dan Pembahasan

Kawasan karst tropis khususnya kawasan *Geopark* Silokek memiliki potensi dalam menyimpan karbon dalam jumlah yang besar. Selain menyimpan karbon organik, kawasan karst tropis ini juga berpotensi menyimpan karbon anorganik yang ditandai dengan adanya batuan karbonat pada kawasan tersebut.

Karakteristik batuan karst

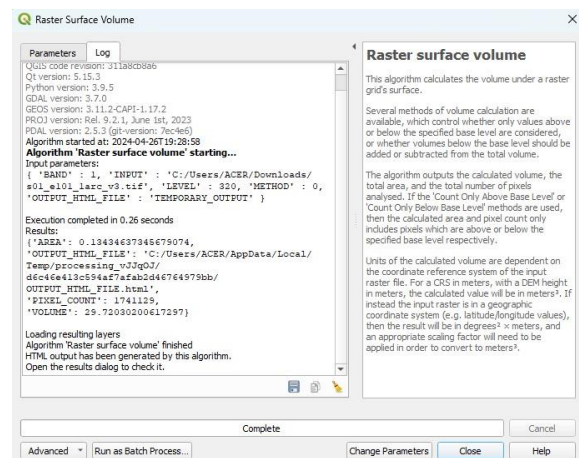
Hasil perhitungan potensi kandungan karbon pada batuan kapur di kawasan *Geopark* Silokek menunjukkan bahwa terdapat tiga sampel batuan dengan karakteristik berbeda dapat dilihat pada tabel 1. Berdasarkan karakteristik batuan yang ditemukan pada lokasi penelitian pada tabel 1 merupakan batuan kapur atau batugamping yang memiliki kandungan kalsium karbonat (CaCO₃) dan

dolomit karst ((CaMg(CO₃)₂). Warna batu kapur bervariasi dari putih, kuning kekuningan, abu-abu hingga hitam, yang tergantung pada komposisi campuran bahan lain yang terdapat dalam batu kapur tersebut, seperti lempung, kuarsa, oksida besi, mangan, dan unsur organik (Megawati, 2019).

Tabel 1. Karakteristik ketiga sampel batuan

Sampel	Karakteristik
1	Warna cokelat
2	Warna putih dan abu-abu
3	Warna putih keabuan dan sedikit cokelat

Hasil analisis data perhitungan %CaO dengan metode XRF dan menghitung luas volume karst pada lokasi penelitian menggunakan aplikasi Qgis. Hasil perhitungan volume pada kawasan karst dapat dilihat pada gambar 2. Hasil analisis volume kawasan karst di kawasan *Geopark* Silokek menunjukkan bahwa luas volume kawasan tersebut adalah sebesar 29.72031 m³.



Gambar 2. Hasil analisis volume kawasan di *Geopark* Silokek, Kabupaten Sijunjung

Kandungan karbon anorganik

Hasil penelitian diketahui bahwa kawasan karst *Geopark* Silokek memiliki potensi sebagai penyimpanan karbon anorganik. Pada penelitian diperoleh tiga sampel batuan, dimana sampel 3 memiliki nilai persentase CaO tertinggi. Pada penelitian dapat diketahui bahwa pada kawasan *geopark* Silokek, Kabupaten Sijunjung ditemukan 3 jenis batuan kapur (gamping) dengan karakteristik dan persentase CaO berbeda yang dapat dilihat pada tabel 2 berikut.

Tabel 2. Kandungan Karbon Anorganik

No	Sampel	%CaO	Karbon Anorganik (ton/ha)
1.	Sampel 1	90,087	1.554,80
2.	Sampel 2	96,879	1.672,02
3.	Sampel 3	97,414	1.681,25
Total (ton/ha)			4.908,07

Data pada tabel 2 dapat dilihat bahwa pada lokasi penelitian terdapat 3 jenis batuan kapur dengan persentase CaO yang berbeda. Perbedaan kandungan CaO pada ketiga sampel batuan ini dikarenakan perbedaan komposisi batuan dan faktor

lingkungan yang mempengaruhi. Nilai kandungan karbon pada lokasi penelitian berkisar 4.908,07 ton/ha. Nilai kandungan karbon ini cukup berbeda dengan nilai kandungan karbon pada wilayah karst lain yang dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan Nilai Kandungan dan Serapan Karbon Anorganik pada Lokasi Penelitian dengan Karst Lain

Lokasi	Kandungan karbon (ton/ha)	Serapan Karbon (ton/ha)	Sumber
Geopark Silokek, Indonesia	4.908,07	18.012,60	Data penelitian
Karst Biduk-biduk, Indonesia	9.026,54	33.127,40	(Danardono <i>et al.</i> , 2019)

Data pada tabel 3 diketahui bahwa pada lokasi penelitian memiliki nilai kandungan karbon anorganik yaitu sebesar 4.908,07 ton/ha dan serapan karbon sebesar 18.012,60 ton/ha. Hal ini berbeda dibanding dengan kawasan karst lain di Karst Biduk-Biduk, Kalimantan Timur yaitu kandungan karbon anorganik sebesar 9.026,54 ton/ha dan serapan karbon sebesar 33.127,40 ton/ha. Perbedaan nilai serapan karbon anorganik pada kawasan penelitian ini dipengaruhi oleh luas volume kawasan dan komposisi batuan.

Karbon anorganik dalam tanah hasil analisis laboratorium sebesar 10,27% menunjukkan bahwa tanah memiliki proporsi yang signifikan dari karbon anorganik terutama karbonat (CaCO_3). Hal ini dipengaruhi oleh proses karstifikasi pada kawasan karst, dimana tanah karst berasal dari pelapukan dan pelarutan batuan kapur dan dolomit yang membentuk dasar geologi kawasan tersebut (Zhao *et al.*, 2018). Nilai kandungan karbon yang dapat dikategorikan tinggi ini menunjukkan bahwa proses pelapukan (karstifikasi) batuan kapur di kawasan *Geopark Silokek* berlangsung aktif. Kandungan karbon >10% menunjukkan bahwa tanah di kawasan karst tersebut memiliki kualitas yang baik dalam hal kesuburan dan retensi air, serta mendukung ekosistem yang beragam dan produktif.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kandungan karbon anorganik tinggi dimana hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Schumacher (2002) yang menjelaskan bahwa potensi penyimpanan karbon pada formasi batuan

merupakan salah satu cadangan karbon tertinggi di bumi dibawah cadangan karbon lautan dan karbon organik. Nilai kandungan karbon anorganik yang lebih besar dikarenakan pengaruh volume dan massa batuan ini jauh melebihi volume dan massa bahan organik di permukaan tanah atau dalam biomassa organisme hidup (proses geologi yang berlangsung dari lama). Selain itu kandungan karbonat dalam batuan sangat stabil secara kimiawi dan tidak mudah terdegradasi atau diubah oleh proses biologis. Sebaliknya, karbon organik lebih rentan terhadap dekomposisi oleh mikroorganisme, oksidasi, dan proses lain yang mengubahnya menjadi karbon dioksida (CO_2) atau metana (CH_4).

Nilai serapan karbon anorganik ini menunjukkan nilai kebutuhan karbondioksida (CO_2) untuk melarutkan batuan karbonat (batu kapur) yang diambil dari atmosfer atau tanah. Serapan karbon anorganik pada batuan tinggi menunjukkan bahwa batuan dapat menyerap dan menyimpan karbon anorganik dari atmosfer atau air melalui berbagai proses geokimia dan biogeokimia (Schlesinger & Bernhardt, 2020). Salah satu proses utama adalah pelapukan kimia, di mana batuan silikat seperti olivin dan feldspar bereaksi dengan karbon dioksida (CO_2) dan air, membentuk karbonat dan ion bikarbonat. Misalnya, reaksi pelapukan silikat melibatkan perubahan mineral silikat dan CO_2 menjadi ion bikarbonat dan kalsium, yang kemudian dapat diendapkan sebagai mineral karbonat seperti kalsium karbonat (CaCO_3). Mineral karbonat ini dapat terbentuk ketika ion

kalsium dan bikarbonat di dalam air bergabung, menghasilkan endapan kalsium karbonat yang kemudian menjadi batu kapur atau dolomit (Gislason & Oelkers, 2003).

Proses serapan karbon ini sangat signifikan karena batuan karbonat dapat menyimpan karbon dalam jangka waktu yang sangat lama, hingga jutaan tahun, menjadikannya penyimpan karbon yang efektif dan stabil. Selain itu, serapan karbon oleh batuan membantu mengurangi jumlah gas rumah kaca di atmosfer, yang berkontribusi pada mitigasi perubahan iklim. Proses pelarutan batuan karbonat di daerah penelitian memiliki potensi untuk menyerap karbon anorganik dan dapat mengurangi jumlah emisi karbon di atmosfer.

Pengurangan karbon dalam program REDD+ secara global berfokus pada konservasi stok karbon organik di ekosistem hutan. Berbagai strategi telah digunakan untuk menjaga stok karbon organik di ekosistem hutan. Namun, stok karbon anorganik dengan nilai lebih tinggi juga sangat rentan terhadap eksploitasi oleh kegiatan pertambangan. Batu kapur digunakan untuk membuat bahan bangunan, semen, kosmetik, dan banyak lagi. Jika kegiatan ekstraksi batu kapur tidak dihentikan, jumlah karbon yang terlepas ke atmosfer akan meningkat. Dimungkinkan untuk meningkatkan simpanan karbon global karena adanya stok karbon anorganik di wilayah karst tropis.

Kontribusi dari penyerapan karbon anorganik ini dapat mendukung upaya pengurangan emisi karbon baik secara regional, seperti di Sumatera Barat maupun secara nasional di Indonesia. Program pengurangan emisi karbon yang ditetapkan dalam RAD-GRK dan RAN-GRK bertujuan untuk mengurangi emisi sebesar 26%, dan kemampuan kawasan karst dalam menyerap karbon dioksida dapat menjadi bagian dari pencapaian target pengurangan emisi karbon di Indonesia (Perpres, 2011).

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa Kawasan karst *Geopark* Silokek memiliki tiga karakteristik batuan gamping yang berbeda, dan sampel 3 merupakan jenis batuan dengan persentase CaO tertinggi. Potensi kandungan karbon anorganik sebesar 4.908,07 ton/ha dan serapan karbon sebesar 18.012,60 ton/ha yang dikategorikan tinggi. Kandungan karbon anorganik pada kawasan *Geopark* Silokek lebih

rendah dibanding kawasan Karst Biduk-biduk yang dipengaruhi oleh luas volume kawasan dan jenis komposisi batuan

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada Departemen Biologi, Universitas Andalas yang telah memfasilitasi pendidikan dan kesediaan kerja sama dalam upaya penelitian ini. Kemudian, penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada tim lapangan kami yang luar biasa atas ketekunan dan kerja keras mereka dalam mengumpulkan dan menganalisis data untuk penelitian ini.

Referensi

- Annisa, A.A., Muh. Said L., Ayusari W., & Rahmaniah. 2022. Analisis Kandungan Kalsium Karbonat (CaCO_3) Batu Gamping di Kelurahan Bontoa Kecamatan Minasate'ne Kabupaten Pangkajene Dan Kepulauan. *JFT: Jurnal Fisika dan Terapannya*, Vol. 9 (2): 120-126. Doi: 10.24252/jft.v%vi%i/23565.
- Cao, Jian-hua, Wu, X., Huang, F., Hu, B., Groves, C., Yang, H., & Zhang, C. (2018). Global significance of the carbon cycle in the karst dynamic system: Evidence from geological and ecological processes. *China Geology*, 1(1), 17–27. doi:10.31035/cg2018004.
- Danardono, D., Haryono, E., & Widyastuti, M. (2018). The Nature Of Carbon Flux In Various Ecosystem Types In The Biduk-Biduk Karst Region, Berau District, East Kalimantan. *E3S Web Conf.*, 76, 1–7. doi:10.1051/e3sconf/20197604005.
- Danardono, D., Haryono, E., & Widyastuti, M. (2019). Potential of Carbon Stocks and Its Economic Values in Tropical Karst Landscape (Case Study in Biduk-Biduk Karst, East Kalimantan, Indonesia). *Journal of Physics: Conference Series*. 1373. 012030. doi:10.1088/1742-6596/1373/1/012030.
- Danardono, D., Haryono E., & Widyastuti M. (2022). Potensi Serapan Karbon Inorganik pada Kawasan Karst Tropis di Karst Biduk-Biduk, Kalimantan Timur. *Jurnal Wilayah dan Lingkungan*, Vol 10 Nomor

- 3.<http://dx.doi.org/10.14710/jwl.10.3.257-281>.
- Gislason, S. R., & Oelkers, E. H. (2003). Mechanisms, rates, and consequences of basaltic glass dissolution: II. An experimental study of the dissolution rates of basaltic glass as a function of pH and temperature. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 67(20), 3817-3832.
- Hao, Z., Kuang, Y., & Kang, M. (2015). Untangling The Influence Of Phylogeny, Soil And Climate On Leaf Element Concentrations In A Biodiversity Hotspot. *Funct. Ecol.* Vol. 29, 165–176. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.12344>.
- IPCC. (2013). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- [IPCC] Intergovernmental Panel on Climate Change. (2014). *Summary for Policymakers. In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability; Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. p. 1–32.
- Keohane & Georgia Levenson. (2016). *Climate Finance- Fighting Deforestation and Climate Change: REDD Financing Lessons from Brazil and Indonesia (Excerpt)*. <http://impactalpha.com> diakses 06 Juni 2024.
- Lee D, Min Sk, Fischer E, Shiogama H, Bethke I, Lierhammer L, & Scinocca J. (2018). Impacts Of Half A Degree Additional Warming On The Asian Summer Monsoon Rainfall Characteristics. *Environ Res Lett* 13(4): 044033.
- Marvin, D.C., G.P. Asner, D.E. Knapp, C.B. Anderson, R.E. Martin, F. Sinca, & R. Tupayachi. (2014). Amazonian landscapes and the bias in field studies of forest structure and biomass. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 111, pp. E5224 E5232, <https://doi.org/10.1073/pnas.1412999111>.
- Megawati, M., Alimuddin, A., & Abdul Kadir, L. (2019). Komposisi Kimia Batu Kapur Alam dari Indutri Kapur Kabupaten Kolaka Sulawesi Tenggara. *SAINTIFIK*, 5(2), 104-108. <https://doi.org/10.31605/saintifik.v5i2.230>
- Perpres. (2011). Peraturan Presiden Republik Indonesia tentang Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca. No 61 tahun 2011. Indonesia.
- Schlesinger, W. H., & Bernhardt, E. S. (2020). *Biogeochemistry: An Analysis of Global Change*. Academic Press.
- Schumacher B.A. (2002). Method for The Determination of Total Organic Carbon (TOC) in Soils and Sediments: Ecological Risk Assessment Support Center. Las Vegas: United States Environmental Protection Agency. <https://www.researchgate.net/publication/291996839>.
- UNESCO. (2017). *Guidelines and Criteria for National Geoparks seeking UNESCO's assistance to join the Global Geoparks Network (GGN)*.
- Van de Perre, F., Willig, M. R., Presley, S. J., Andemwana, F. B., Beeckman, H., Boeckx, P., Cooleman, S., de Haan, M., de Kesel, A., Dessen, S., Grootaert, P., Huygens, D., Janssens, S. B., Kearsley, E., Kabeya, P. M., Leponce, M., van den Broeck, D., Verbeeck, H., Würsten, B., & Verheyen, E. (2018). Reconciling biodiversity and carbon stock conservation in an Afrotropical forest landscape. *Science Advances*, 4(3), 1-9. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aar6603>.
- Veress, M. (2020). Karst types and their karstification. *Journal of Earth Science*, 31(3), 621–634. <https://doi.org/10.1007/s12583-020-1306-x>.
- Zhao H, Zhang H, Shar AG, Liu J, Chen Y, & Chu S, et al. (2018). Enhancing organic and inorganic carbon sequestration in calcareous soil by the combination of wheat straw and wood ash and/or lime. *PLoS ONE*. 13(10): e0205361. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0205361>.