



KONDISI KONSENTRASI KARBON DIOKSIDA DI BUKITTINGGI SELAMA KEJADIAN EL NIÑO 2015

Concentration Conditions of Carbon Dioxide in Bukittinggi During the Event of El Niño 2015

Martono* dan Ninong Komala

*Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer, LAPAN
Jl. Dr. Djundjuran No. 133 Bandung, Jawa Barat 40173, Indonesia*

*Keperluan Korespondensi, Tel/Fax (022) 6037445, e-mail: mar_lapan@yahoo.com

Received: October 29, 2018

Accepted: November 24, 2018

Online Published: December 31, 2018

DOI : 10.20961/jkpk.v3i3.24860

ABSTRAK

Pada tahun 2015, sekitar 2,61 juta hektar lahan dan hutan di Indonesia terbakar dan terindikasi akan meningkatkan jumlah CO₂ yang diemisikan ke atmosfer. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi konsentrasi CO₂ di Bukittinggi selama El Niño 2015. Data yang digunakan adalah data insitu konsentrasi CO₂ Kototabang tahun 2004-2016, indeks NINO3.4 dan konsentrasi klorofil-a tahun 2004-2016. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi CO₂ di Bukittinggi dari tahun 2004-2016 mengalami kenaikan sekitar 2,4 ppm/tahun. Konsentrasi CO₂ pada musim peralihan pertama (Maret-Mei) dan musim timur (Juni-Agustus) pada tahun 2015 sekitar 397 dan 395 ppm, lebih rendah daripada tahun 2016 yang mencapai 401 dan 397 ppm pada bulan yang sama. Sementara itu, pada musim peralihan kedua (September-November) tahun 2015 konsentrasi CO₂ mencapai 401 ppm lebih tinggi daripada tahun 2016 yang hanya 397 ppm. Pada tahun 2015, konsentrasi klorofil-a di perairan selatan Jawa meningkat mencapai 14% pada musim timur dan 50% pada musim peralihan kedua. Oleh karena itu, kenaikan konsentrasi CO₂ yang kecil selama El Niño 2015 diindikasikan akibat penyerapan CO₂ yang tinggi oleh laut untuk kebutuhan fotosintesis.

Kata Kunci: konsentrasi, CO₂, El Niño, klorofil-a

ABSTRACT

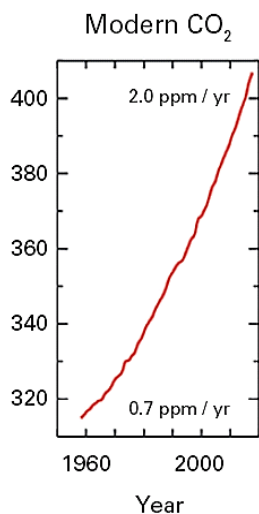
In 2015, about 2.61 million ha of land and forests in Indonesia were on fire and indicated will increase the amount of CO₂ emitted into the atmosphere. The purpose of this study was to understand the condition of CO₂ concentration at Bukittinggi during El Niño 2015. The data used was the data of Kototabang CO₂ concentration, NINO3.4 index and chlorophyll-a concentration from 2004-2016. The results showed that CO₂ concentration at Bukittinggi from 2004-2016 was increased of about 2.4 ppm/year. CO₂ concentration in the first transition season (March-May) and the east season (June-August) 2015 were approximately 397 and 395 ppm, respectively, lower than that in 2016 on the same months which was about 401 and 397 ppm, respectively. In the second transition season (September-November) in 2015, CO₂ concentration reached 401 ppm which was higher than that in 2016 which was only 397 ppm. In 2015, chlorophyll-a concentration in the southern waters of Java increased about 14% in the east season and reached 50% during the second transition season. Therefore, small increase of CO₂ concentration during El Niño 2015 was indicated as a result of high uptake of CO₂ by the sea for photosynthesis needs.

Keywords: concentration, CO₂, El Niño, chlorophyll-a

PENDAHULUAN

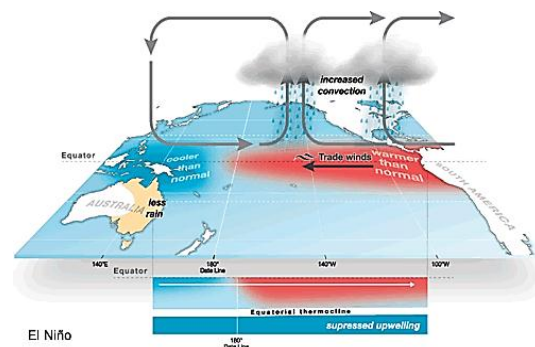
Secara alami gas-gas rumah kaca di atmosfer mempunyai peranan menjaga suhu bumi sehingga layak untuk dihuni, sebab jika tidak ada gas-gas rumah kaca maka suhu bumi akan menjadi 33 °C lebih dingin daripada kondisi sekarang [1]. Jenis gas yang dikategorikan sebagai gas rumah kaca antara lain karbon dioksida (CO₂), metana (CH₄), nitrogen oksida (N₂O), sulfurheksa-florida (SF₆), perflorokarbon (PFCs) dan hidroflorokarbon (HFCs). Dari beberapa jenis gas-gas rumah kaca tersebut, CO₂ merupakan kontributor utama penyebab pemanasan global [2,3].

Konsentrasi CO₂ global mengalami kenaikan yang signifikan dari tahun ke tahun seperti diperlihatkan pada Gambar 1. Laju kenaikan konsentrasi CO₂ pada tahun 1960 sekitar 0,7 ppm/tahun dan naik menjadi 2,38 ppm/tahun pada tahun 2014 [4]. Peranan Indonesia terhadap laju kenaikan emisi CO₂ global juga mengalami kenaikan dari 0,6 % di tahun 1990 menjadi 1,2 % tahun 2005 dan naik lagi menjadi 1,4 % pada tahun 2015 [5].



Gambar 1. Laju kenaikan konsentrasi CO₂ global [4]

Sumber gas CO₂ berasal baik secara alamiah maupun hasil kegiatan manusia. Kebakaran hutan dan lahan menjadi salah satu sumber emisi gas CO₂ di Indonesia yang terjadi hampir setiap tahun. Kebakaran hutan dan lahan di Indonesia dalam skala besar selalu bersamaan dengan peristiwa El Niño. El Niño adalah fenomena laut yang terjadi di Samudera Pasifik tropis akibat interaksi antara laut dan atmosfer. Ilustrasi kejadian El Niño diperlihatkan Gambar 2. Pada saat El Niño, terjadi pergeseran kolom hangat dari bagian barat Samudera Pasifik ke bagian timur. Kondisi ini menyebabkan proses konveksi di bagian timur Samudera Pasifik mengalami kenaikan yang signifikan, sedangkan di bagian barat menurun sangat drastis.



Gambar 2. Skemati El Niño (sumber: <http://www.bom.gov.au/climate/enso/history/ln-2010-12/three-phases-of-ENSO.shtml>)

El Niño tahun 2015 merupakan salah satu yang terkuat, yang telah menyebabkan bencana kekeringan paling besar dalam tiga dekade terakhir di wilayah tropis Amerika Selatan dan Asia [6]. Pada tahun 2015, kebakaran hutan dan lahan di wilayah Indonesia mencapai 2,61 juta hektar. Estimasi luas daerah terbakar di wilayah Sumatera periode 1 Juli hingga 20 Oktober 2015

mencapai 832.999 hektar, dimana 267.974 hektar merupakan lahan gambut dan 565.025 hektar adalah lahan non gambut [7].

Kejadian El Niño 2015 berkontribusi terhadap laju kenaikan konsentrasi CO₂ global [4]. Menurut *Global Fire Emissions Database*, kebakaran hutan di Indonesia tahun 2015 telah menyumbang 1.750 juta MtCO₂e, sehingga berkontribusi sangat signifikan terhadap emisi gas rumah kaca di Indonesia [8]. Oleh karena itu, terdapat indikasi bahwa konsentrasi CO₂ di Indonesia selama El Niño 2015 mengalami kenaikan sangat signifikan.

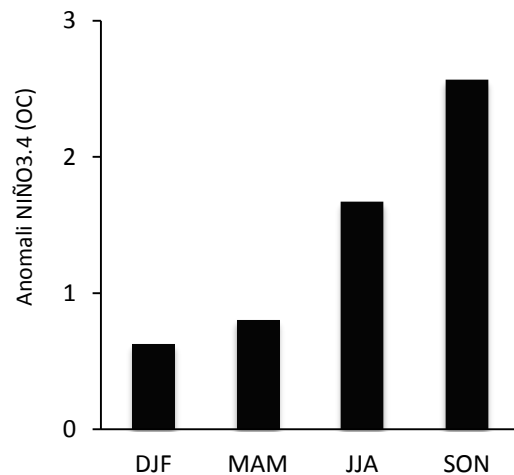
Sampai sekarang, penelitian tentang pengaruh El Niño terhadap konsentrasi CO₂ di Indonesia minim sekali, apalagi khusus kondisi lokal belum dilakukan. Penelitian ini bertujuan mengetahui kondisi konsentrasi CO₂ di Bukittinggi pada saat kejadian El Niño tahun 2015.

METODE PENELITIAN

Data-data yang digunakan terdiri dari konsentrasi CO₂ bulanan tahun 2004-2016, indeks NIÑO3.4 dan konsentrasi klorofil-a bulanan dari tahun 2004-2016. Konsentrasi CO₂ hasil pengukuran insitu di Bukittinggi yang berlokasi di koordinat 0°12'07" LS dan 100°19'05" BT yang diperoleh dari *Earth System Research Laboratory - National Oceanic and Atmospheric Administration*. Data indeks NIÑO3.4 diperoleh dari *Climate Prediction Center - National Oceanic and Atmospheric Administration* dan konsentrasi klorofil-a hasil estimasi satelit yang diperoleh dari *Ocean watch - National Oceanic and Atmospheric Administration*.

Dalam penelitian ini akan dianalisis variasi musiman, tren laju kenaikan serta kondisi konsentrasi CO₂ di Bukittinggi selama kejadian El Niño bulan Juni-November 2015. Untuk analisis variasi musiman, data konsentrasi CO₂ bulanan diolah menjadi musiman yang mewakili musim barat antara Desember-Februari (DJF), musim peralihan pertama antara Maret-Mei (MAM), musim timur antara Juni-Agustus (JJA) dan musim peralihan kedua antara September-November (SON).

Analisis regresi linier digunakan untuk mengetahui tren laju kenaikan konsentrasi CO₂ dari tahun 2004-2016. Indeks NIÑO3.4 pada saat kejadian El Niño 2015 ditunjukkan Gambar 3. Gambar 3 menunjukkan bahwa El Niño tahun 2015 mulai menguat pada musim timur dengan anomali NIÑO3.4 lebih dari 1 °C.



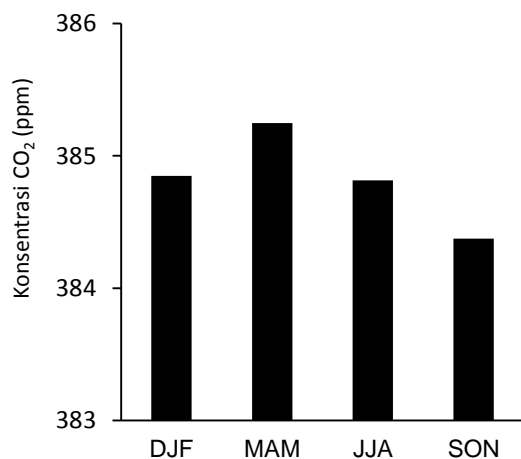
Gambar 3. Indeks NIÑO3.4 tahun 2015 (sumber: CPC-NOAA)

Untuk mengetahui dampak El Niño 2015 dilakukan dengan membandingkan kondisi konsentrasi CO₂ selama musim timur dan musim peralihan kedua antara tahun 2015 dan 2016. Hal ini mengingat pada tahun 2016, luas hutan dan lahan yang terbakar

berkurang hingga mencapai 83% dari tahun 2015 [9].

HASIL DAN PEMBAHASAN

Variasi musiman konsentrasi CO₂ di Bukittinggi diperlihatkan pada Gambar 4. Meskipun terletak di wilayah ekuator, namun konsentrasi CO₂ di Bukittinggi mempunyai siklus satu tahunan. Konsentrasi maksimum terjadi pada musim peralihan pertama yaitu 385,25 ppm, kemudian menurun hingga mencapai nilai minimum pada musim peralihan kedua yaitu 384,37 ppm.

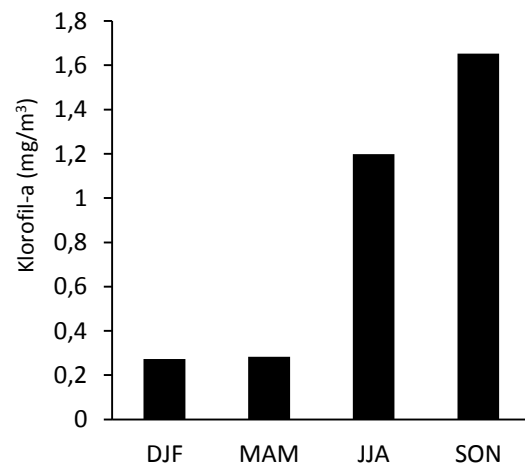


Gambar 4. Pola musiman konsentrasi CO₂

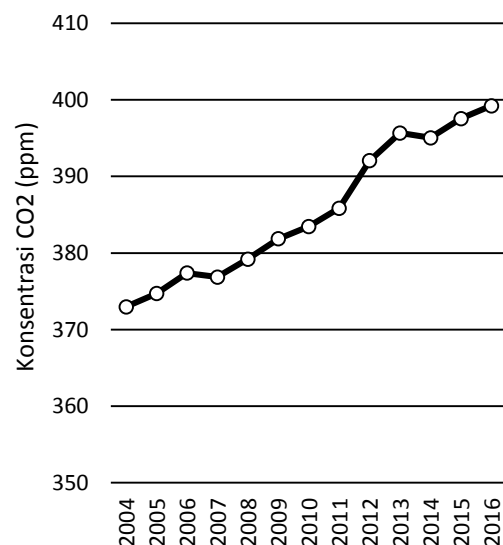
Variasi musiman konsentrasi klorofil-a di perairan selatan Jawa diperlihatkan pada Gambar 5. Secara umum, diketahui bahwa konsentrasi klorofil-a di perairan tersebut mempunyai pola berbanding terbalik dengan konsentrasi CO₂ di Bukittinggi. Konsentrasi klorofil-a naik secara signifikan dari 0,28 mg/m³ di musim peralihan kedua menjadi 1,20 mg/m³ di musim timur dan mencapai maksimum pada musim peralihan kedua menjadi 1,65 mg/m³.

Variasi tahunan konsentrasi CO₂ di Bukittinggi diperlihatkan pada Gambar 6.

Fluktuasi variasi antar tahunan konsentrasi CO₂ di Bukittinggi sangat kecil dengan tren cenderung naik terus. Pada tahun 2007 dan 2014, konsentrasi CO₂ menurun. Pada tahun 2007 turun sebesar 0,52 ppm dan tahun 2014 turun sekitar 0,63 ppm. Kenaikan konsentrasi CO₂ tertinggi terjadi pada tahun 2012 yang mencapai 6,21 ppm, sedangkan pada tahun El Niño 2015 lebih kecil hanya sebesar 2,51 ppm. Tren laju kenaikan konsentrasi CO₂ di Bukittinggi dari tahun 2004 hingga 2016 sekitar 2,4 ppm/tahun.

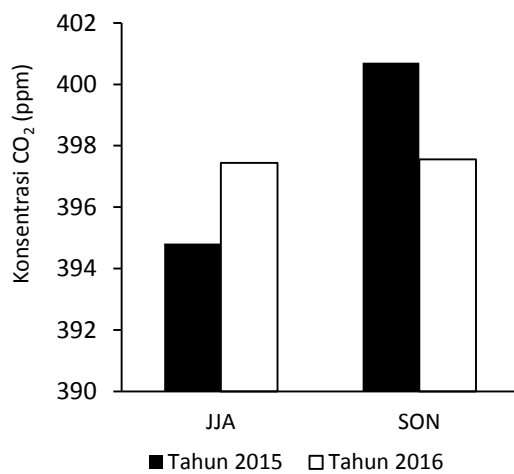


Gambar 5. Pola musiman konsentrasi klorofil-a di perairan selatan Jawa



Gambar 6. Variasi tahunan konsentrasi CO₂

Konsentrasi CO₂ pada musim timur dan musim peralihan kedua tahun 2015 dan 2016 ditunjukkan Gambar 7. Konsentrasi CO₂ pada musim timur tahun 2015 adalah 394,82 ppm dan pada tahun 2016 sebesar 397,44 ppm. Sementara itu, pada musim peralihan kedua tahun 2015, konsentrasi CO₂ sekitar 400,71 ppm yang lebih tinggi dari tahun 2016 yaitu 397,55 ppm.



Gambar 7. Konsentrasi CO₂ tahun 2015 dan tahun 2016

Berdasarkan hasil diketahui bahwa pola musiman konsentrasi CO₂ di Bukittinggi bervariasi. Konsentrasi CO₂ pada musim peralihan pertama mencapai maksimum dan turun hingga mencapai nilai minimum pada musim peralihan kedua. Variasi musiman konsentrasi CO₂ atmosfer dipengaruhi oleh laju penurunan fotosintesis [10]. Proses fotosintesis akan menyerap CO₂ dari atmosfer, sehingga semakin besar proses fotosintesis maka semakin besar CO₂ yang terserap dan sebaliknya.

Secara umum, konsentrasi CO₂ di Bukittinggi mengalami kenaikan secara terus menerus dengan laju sekitar 2,4 ppm/tahun. Hasil ini konsisten dengan hasil beberapa

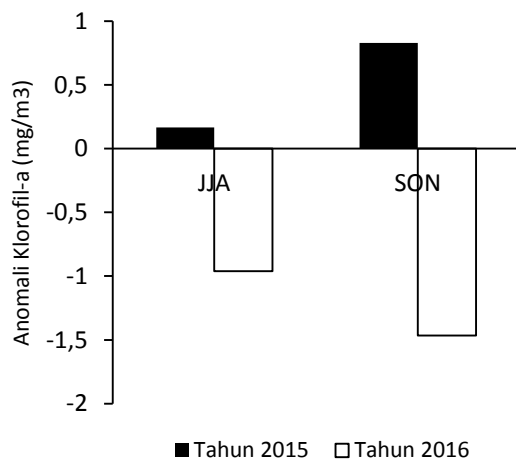
peneliti sebelumnya. Konsentrasi CO₂ di Indonesia hasil pengukuran sensor AIRS-AQUA pada September 2002 adalah 371,70 ppm dan naik menjadi 387,39 ppm pada bulan Februari 2010 [11]. Dengan menggunakan data sensor AIRS-AMSU dari tahun 2002-2009 bahwa laju kenaikan konsentrasi CO₂ di Indonesia berkisar antara 1 – 2,8 ppm/tahun [12].

Meskipun kebakaran hutan dan lahan sangat besar selama kejadian El Niño tahun 2015, tetapi kenaikan konsentrasi CO₂ di Bukittinggi sangat kecil dibandingkan pada tahun 2016 dimana kebakaran hutan sudah berkurang hingga mencapai 83%. Rata-rata konsentrasi CO₂ pada musim timur dan musim peralihan kedua tahun 2015 sekitar 397,76 ppm, sedangkan pada tahun 2016 sekitar 397,50 ppm. Hal ini mengindikasikan terjadinya perubahan penyerap signifikan konsentrasi CO₂.

Hutan dan laut merupakan penyerap utama CO₂ di Indonesia [13]. Melalui proses metabolismenya yaitu fotosintesis, tumbuhan mengkonsumsi CO₂ sehingga hutan mempunyai peranan penting sebagai penyerap CO₂ [14]. Setiap tahun, laut menyerap ¼ konsentrasi CO₂ global yang teremis ke atmosfer [15]. Proses fotosintesis oleh fitoplankton di laut merupakan aktifitas penyerapan karbon di laut. Keberadaan pigmen fitoplankton mempunyai peranan sangat penting dalam siklus karbon dan proses biogeokimia di laut [16,17]. Dengan area kebakaran hutan dan lahan yang sangat luas tahun 2015, maka peranan hutan sebagai penyerap CO₂ sangat menurun. Jadi selama kejadian El Niño 2015, terdapat

indikasi bahwa sumber utama penyerap CO₂ di wilayah Indonesia adalah laut.

Gambar 8 menunjukkan nilai anomali konsentrasi klorofil-a pada saat musim timur dan musim peralihan kedua tahun 2015 dan 2016 di perairan selatan Jawa. Pada tahun 2015, konsentrasi klorofil-a mengalami kenaikan sebesar 0,17 mg/m³ pada saat musim timur dan 0,83 mg/m³ pada saat musim peralihan kedua. Dan sebaliknya, konsentrasi klorofil-a tahun 2016 mengalami penurunan sebesar -0,96 mg/m³ pada saat musim timur dan -1,47 mg/m³ pada saat musim peralihan kedua.



Gambar 6. Konsentrasi klorofil-a tahun 2015 dan tahun 2016

Konsentrasi klorofil-a di laut sebagai indikator jumlah fitoplankton [18]. Semakin tinggi konsentrasi klorofil-a, maka semakin besar jumlah fitoplanktonnya dan sebaliknya. Dengan kenaikan konsentrasi klorofil-a pada tahun 2015, maka jumlah fitoplankton di perairan selatan Jawa makin bertambah. Dampak kenaikan fitoplankton adalah meningkatnya proses fotosintesis di permukaan laut, sehingga kebutuhan CO₂ yang diserap dari atmosfer semakin besar. Proses

ini diindikasikan sebagai penyebab mengapa pada saat terjadi kebakaran hutan dan lahan yang sangat besar pada tahun 2015, tetapi kenaikan konsentrasi CO₂ relatif kecil.

Dan sebaliknya, konsentrasi klorofil-a pada tahun 2016 mengalami penurunan yang signifikan, sehingga proses fotosintesis di laut juga mengalami menurun. Penurunan fotosintesis ini menyebabkan penyerapan CO₂ dari atmosfer berkurang. Mekanisme ini yang menyebabkan meskipun kebakaran hutan dan lahan pada tahun 2016 berkurang mencapai 83%, tetapi kenaikan konsentrasi CO₂ hampir sama dengan tahun 2015.

Kondisi konsentrasi CO₂ di Bukittinggi diindikasikan dipengaruhi oleh konsentrasi klorofil-a di perairan selatan Jawa. Hal ini terlihat dari nilai koefisien korelasi antara konsentrasi CO₂ dengan klorofil-a mencapai -0,84. Ketika konsentrasi klorofil-a naik secara signifikan, maka konsentrasi CO₂ mengalami penurunan secara signifikan. Hal ini juga dibuktikan ketika El Niño tahun 2015. Pada tahun tersebut terjadi kebakaran hutan paling besar, maka diindikasikan CO₂ yang diemisikan ke atmosfer meningkat kuat, sehingga konsentrasi CO₂ akan naik secara signifikan. Namun yang terjadi, laju kenaikan konsentrasi CO₂ tidak signifikan. Kondisi ini diindikasikan karena pada saat yang bersamaan konsentrasi klorofil-a di perairan selatan Jawa mengalami peningkatan sebesar 14% pada musim timur dan 50% pada musim peralihan kedua.

KESIMPULAN

Dari hasil analisis dapat disimpulkan bahwa variasi konsentrasi CO₂ di Bukittinggi

mempunyai siklus satu tahunan, maksimum di musim peralihan pertama dan minimum di musim peralihan kedua. Dalam rentang waktu tahun 2004-2016, konsentrasi CO₂ di Bukittinggi mengalami kenaikan terus dengan laju 2,4 ppm/tahun. Konsentrasi CO₂ di Bukittinggi dipengaruhi oleh kejadian El Niño tahun 2015. Selama El Niño terjadi kenaikan konsentrasi klorofil-a yang tinggi di perairan selatan Jawa khususnya, sehingga jumlah kandungan fitoplankton mengalami peningkatan. Peningkatan fitoplankton ini akan disertai dengan peningkatan proses fotosintesis di laut. Kenaikan konsentrasi CO₂ yang kecil selama El Niño 2015, diindikasikan akibat penyerapan CO₂ yang tinggi oleh laut untuk kebutuhan fotosintesis.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Bambang Siswanto atas saran dan masukan sehingga makalah ini dapat diselesaikan.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] J. Buchdahl, R. Twigg, and L. Cresswell, *Global Warming: Fact Sheet Series for Key Stages 2 and 3, Atmosphere, Climate and Environment Information Programme, Aric, Manchester: Metropolitan University*, 2002.
- [2] E. Teller, L. Wood, and R. Hyde, "Global Warming and Ice Ages: Prospects for Physics-Based Modulation of Global Change," *The 22nd International Seminar on Planetary Emergencies*, August 20-23, Italy, 1997.
- [3] A. Susandi, *Bencana Perubahan Iklim Global dan proyeksi Perubahan Iklim Indonesia*, Kelompok Keahlian Sains Atmosfer, ITB, 2006.
- [4] WMO, *WMO Greenhouse Gas Bulletin.*, no. 13, 2017.
- [5] J. G. J. Olivier, et al., *Trends in Global CO₂ Emissions: 2016 Report*, PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, Netherlands, 2016, p. 33.
- [6] J. G. J. Olivier, K. M. Schure, and J. A. W. Peters, *Trends in Global CO₂ and Total Greenhouse Gas Emissions: 2017 Report*, PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, Netherlands, 2017, p. 16.
- [7] S. P. Nugroho, *Analisis Luas Hutan dan Lahan Terbakar di Indonesia 2015*, Jakarta: Badan Nasional Penanggulangan Bencana, 2015.
- [8] World Bank Group, *Kerugian dari Kebakaran Hutan: Analisis Dampak Ekonomi dari Krisis Kebakaran Tahun 2015, Laporan Pengetahuan Lanskap Berkelanjutan Indonesia: 1*, Jakarta, 2016, p. 4.
- [9] Endrawati, *Analisis Data Titik Panas (Hotspot) dan Areal Kebakaran Hutan dan Lahan Tahun 2016*, Jakarta : Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2016, p.15.
- [10] Afdal, "Siklus Karbon dan Karbon Dioksida Di Atmosfer dan Samudera," *Oseana*, vol. XXXII, no. 2, pp. 29-41, 2007.
- [11] N. Komala, "Variasi Temporal Konsentrasi Karbon Dioksida (CO₂) dan Temperatur di Indonesia Berbasis Data AIRS." *Prosiding Seminar Nasional Sains Atmosfer I 2010*, LAPAN, Bandung, 2010, pp. 345-354.
- [12] I. Susanti, et al., "Analisis Spasial Kondisi Karbon Dioksida di Indonesia dengan Menggunakan Data AIRS," *Prosiding Seminar Nasional Sains Atmosfer I 2010*, LAPAN, Bandung, 2010, pp. 288-296.
- [13] T. Samiaji, "Gas CO₂ di Wilayah Indonesia," *Berita Dirgantara.*, vol. 12, no. 2, pp.68-75, 2011.
- [14] A. Junaedi, "Kontribusi Hutan sebagai Rosot Karbon Dioksida," *Info Hutan*, vol. V, no. 1, pp.1-7, 2008.

- [15] M. F. Racault, "Climate Influence on Phytoplankton Phenology in the Global Ocean," Ph.D Thesis, School of Environmental Sciences of the University of East Anglia, 2009.
- [16] Z. Lu, J. Gan, and M. Dai, "Modeling Seasonal and Diurnal pCO₂ Variations in the Northern South China Sea," *Journal of Marine System*, vol. 92, no. 1, pp.30-41, 2011.
- [17] M. Ravichandran, M. M. Girishkumar, and S. Riser, "Observed Variability of Chlorophyll-a using Argo Profiling Floats in the Southeastern Arabian Sea," *Deep-Sea Research I.*, vol. 65, pp.15-25, 2012.
- [18] S. H. Ooi, A. A. Samah, and P. Braesicke, "Primary Productivity and its Variability in the Equatorial South China Sea During the Northeast Monsoon," *Atmos. Chem. Phys. Discuss.*, vol. 13, pp. 21573-21608, 2013.