

Analisis Kualitas Udara di Stasiun Pemantau Atmosfer Global (GAW) Bukit Kototabang Berkaitan dengan Kekeringan Saat *El Niño* Tahun 2014-2015

Mareta Asnia^{1,1}, Wandayantolis^{2,1} dan Rendi Septa Davi^{3,1}

¹Stasiun Pemantau Atmosfer Global (GAW) Bukit Kototabang

Abstrak. Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang merupakan salah satu stasiun di daerah Sumatera khususnya ekuatorial yang melakukan pengukuran kualitas udara. Dengan dilakukannya pengukuran parameter kualitas udara maka memungkinkan kita melakukan analisis kondisi kualitas udara di Stasiun GAW Bukit kototabang berkaitan dengan kekeringan yang terjadi pada saat el nino pada tahun 2014 - 2015. Data yang digunakan dalam analisis ini adalah data konsentrasi harian parameter kualitas udara, data curah hujan wilayah terjadinya kebakaran hutan dan lahan pada tahun 2014-2015, data Hotspot/titik panas, data archive Air Resources Laboratory NOAA (model HYPPLIT), data angin reanalisis lapisan 850 mb, dan data *Oceanic Niño Index*. Dalam analisis ini di gunakan metode time series. Hasil dari analisis menunjukkan Kebakaran hutan yang terjadinya pada tahun 2014-2015 hanya memengaruhi beberapa parameter di antaranya PM10, Black Carbon dan CO. Kekeringan yang menjadi faktor pemicu terjadinya kebakaran di provinsi Riau menyebabkan konsentrasi parameter kualitas udara meningkat secara signifikan. Peningkatan konsentrasi parameter kualitas udara pada bulan september dan oktober tahun 2015 dipengaruhi oleh kebakaran hutan yang terjadi di wilayah sumatera selatan pada saat terjadi *El Niño* kuat pada tahun 2015. **Kata kunci:** Kualitas udara, Kebakaran hutan, kekeringan

Pendahuluan

Kebakaran Hutan merupakan fenomena yang sering terjadi di wilayah Sumatera khususnya bagian selatan dan timur yang berdampak di beberapa wilayah, salah satunya di wilayah Sumatera Barat. Isu kebakaran hutan mulai marak seiring dengan meningkatnya perubahan lahan dan dipicu oleh kekeringan (Kusumaningtyas dan Aldrian, 2016). Kekeringan didefinisikan sebagai curah hujan yang terjadi

pada suatu musim berada di bawah normalnya (Supriyatna, 2016). Salah satu faktor yang dapat menyebabkan terjadinya kekeringan adalah terjadinya *El Niño*. Kondisi el nino mengakibatkan massa udara berkumpul ke wilayah Pasifik Timur sekitar Ekuator, sehingga wilayah Indonesia mengalami pengurangan curah hujan dan di beberapa wilayah mengalami kekeringan (Yamanaka dkk, 2002).

Dalam beberapa tahun terakhir fenomena kebakaran hutan sering terjadi di wilayah Indonesia khususnya wilayah Sumatera dan Kalimantan, hal ini dapat menyebabkan kondisi kualitas udara di suatu wilayah menurun. Peningkatan konsentrasi parameter kualitas udara akibat kebakaran hutan sangat dipengaruhi oleh pergerakan angin yang membawa polutan dari sumber pencemar ke daerah tujuan polutan (Maslakah, 2009). Kondisi kualitas udara juga dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor di antaranya ,intensitas curah hujan, jumlah hotspot, dan trajectory angin (Nahas dan Nugroho, 2011).

Stasiun Pemantau Atmosfer Global (GAW) Bukit kototabang merupakan lokasi penting dalam memantau kebakaran hutan yang terjadi di Indonesia, pengukuran *Black Carbon* cukup representatif untuk menggambarkan kondisi kualitas udara di Sumatera khususnya pada saat terjadi kebakaran hutan (Satria dan Nahas, 2016). Krisanti (2011) menyebutkan perbedaan yang signifikan konsentrasi PM10 dan Black Carbon antara daerah dekat terjadinya kebakaran hutan dengan daerah yang jauh dari lokasi kebakaran tersebut *Black Carbon* merupakan salah satu dari beberapa parameter kualitas udara yang diamati di stasiun GAW Bukit kototabang, beberapa parameter lainnya yang juga di amat adalah *Particulate matter* (PM)10, Karbon Monoksida (CO) dan Ozon permukaan.

Stasiun GAW Bukit Kototabang yang berlokasi di wilayah Sumatera Barat merupakan bagian dari sistem monitoring dan riset yang dikoordinasi oleh *World Meteorological Organization* (WMO) dan merupakan salah satu

stasiun di daerah Sumatera khususnya Ekuatorial yang melakukan pengukuran kualitas udara (Kurniawan, 2017). Pengukuran parameter kualitas udara memungkinkan kita melakukan analisis untuk mengetahui kondisi kualitas udara di Stasiun GAW Bukit kototabang berkaitan dengan kekeringan yang terjadi pada saat *El Niño* pada saat *El Niño* pada tahun 2014-2015.

Metodologi

Data

Data yang digunakan dalam analisis ini adalah data konsentrasi harian Particulate Matter (PM)₁₀, Black Carbon (BC), Karbon Monoksida (CO), dan Ozon Permukaan yang didapat dari hasil pengukuran dengan alat otomatis yang ada di stasiun GAW bukit kototabang, series data yang digunakan adalah data tahun 2014-2015. Stasiun GAW Bukit kototabang berada pada ketinggian 864.5 mdpl, dengan posisi koordinat 0°12'0" LS dan 100°19'19" BT.



Gambar 1. Lokasi Stasiun Pemantau Atmosfer Global (GAW) Bukit Kototabang.

Peralatan otomatis yang digunakan dalam pengukuran parameter kualitas udara adalah BAM 1020 (PM₁₀), Aethalometer (Black Carbon), CO analyzer Horiba (CO), dan Ozon analyzer TEI-49C (Ozon permukaan).

Selain data parameter kualitas udara dalam analisis ini digunakan data curah hujan bulanan tahun 2014-2015 Stasiun Klimatologi Tambang Kampar, Stasiun Meteorologi Sultan Syarif Kasim Pekanbaru, Stasiun Klimatologi Kenten, dan Stasiun Meteorologi SMBII Palembang, dimana ke-empat lokasi tersebut merupakan wilayah terjadinya kebakaran hutan dan lahan pada tahun 2014-2015.

Data pendukung lainnya yang digunakan dalam analisis ini adalah data Archive Air Resources Laboratory NOAA (model HYPPLIT), data Angin Reanalisis lapisan 850 mb (esrl.noaa), Data *Oceanic Niño Index* (ncep.noaa), Data hotspot / titik panas bulanan dari website bmkg (<http://satelit.bmkg.go.id>) yang bersumber dari Satelit MODIS (Terra, Aqua, dan SNPP).

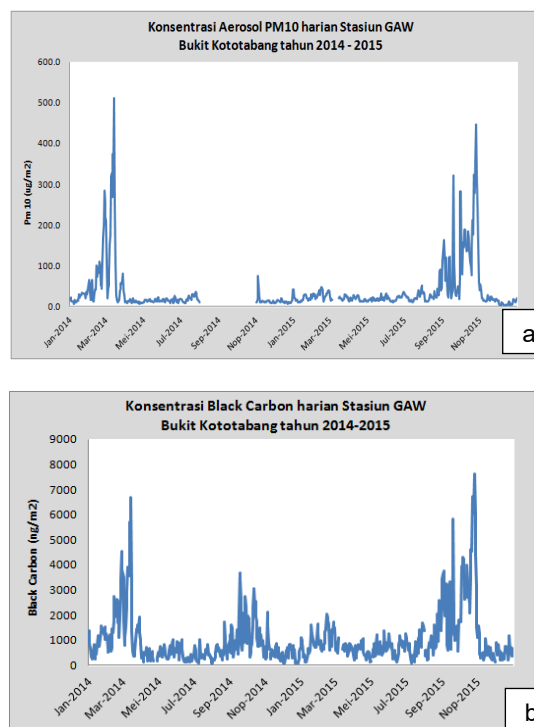
Metode analisis

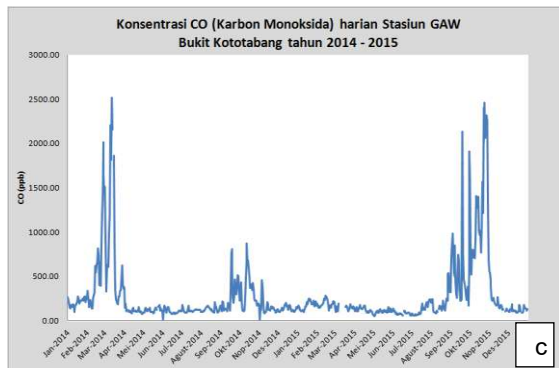
Data konsentrasi parameter kualitas udara yang dihasilkan dari pengukuran peralatan otomatis dianalisis secara time series untuk melihat konsentrasi maksimum yang terukur pada tahun 2014-2015, karena time series merupakan aplikasi sederhana di bidang meteorologi yang umum digunakan untuk memahami perilaku unsur-unsur cuaca (Machiwald dan Jha 2006). Selanjutnya dilakukan analisis konsentrasi harian untuk menganalisis faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya peningkatan konsentrasi pada tahun tersebut.

Data hotspot / titik api yang dihasilkan dari website BMKG digunakan untuk mengetahui wilayah sumber polutan. Data curah hujan, dan *Oceanic Niño Index* (ONI) tahun 2014-2015 digunakan untuk mengidentifikasi kejadian kekeringan yang menyebabkan berkurangnya curah hujan di wilayah terjadinya kebakaran hutan dan lahan. Untuk mengetahui arah dan jalur transport polutan digunakan data *Backward Trajectory* yang dihasilkan dari model *HYSPLIT* NOAA dan data *Reanalysis* Angin 850mb yang diolah dengan menggunakan aplikasi *GRADS*.

Hasil dan Pembahasan

Analisis Time series





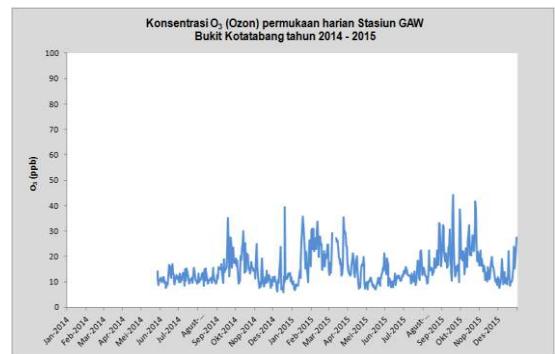
Gambar 2. Grafik Konsentrasi PM10 (a), Black Carbon (b), dan CO(c) harian Stasiun GAW Bukit Kototabang tahun 2014-2015.

Konsentrasi parameter kualitas udara di Stasiun GAW Bukit Kototabang pada tahun 2014-2015 meningkat secara signifikan, hal ini dapat terlihat pada Gambar 2, terutama pada konsentrasi aerosol / particulate yang biasanya dihasilkan dari pembakaran biomassa.

Berdasarkan gambar 2.a grafik time series PM10 pada tahun 2014-2015 konsentrasi tertinggi terjadi pada tgl 14 maret 2014 dengan konsentrasi sebesar 511 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), dengan nilai rata-rata pada bulan maret sebesar 19 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi parameter kualitas udara yang terukur di stasiun GAW bukit kototabang berada jauh di atas rata-rata, dengan prosentase peningkatan sebesar 2700% pada konsentrasi PM10, 1090% pada konsentrasi Black Carbon, 1400% pada konsentrasi CO dan 230% pada konsentrasi Ozon permukaan. Konsentrasi Black Carbon (gambar 2.b) mencapai nilai maksimum sebesar 7461 (ng/m^3) pada tanggal 26 Oktober 2015, dengan nilai rata-rata yang terukur di sebesar 683 (ng/m^3). Konsentrasi CO (gambar 2.c) mencapai nilai maksimum pada tanggal 12 Maret 2014 sebesar 2515 ppb dengan nilai rata-rata yang terukur di stasiun GAW bukit kototabang sebesar 175 ppb.

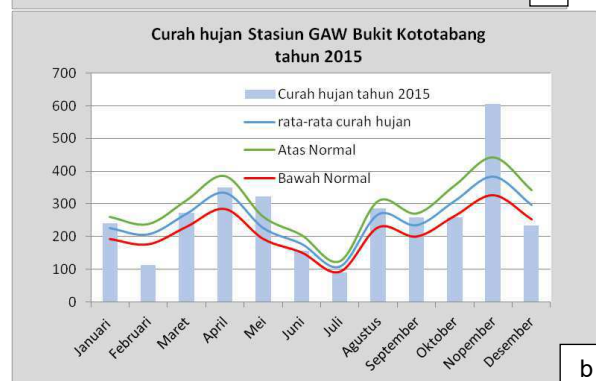
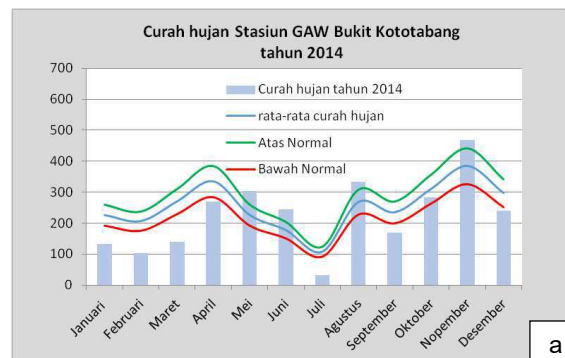
Tabel 1. Konsentrasi maksimum dan rata-rata Parameter Kualitas Udara di Stasiun GAW Bukit Kototabang pada tahun 2014-2015.

Parameter	Maksimum	Rata-rata	Waktu
PM10	511($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	19 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	14/03/2014
Black Carbon	7461(ng/m^3)	683 (ng/m^3)	26/10/2015
CO	2515(ppb)	175 (ppb)	12/03/2014
Ozon Permukaan	44(ppb)	19 (ppb)	19/09/2015



Gambar 3. Grafik Konsentrasi Ozon Permukaan harian Stasiun GAW Bukit Kototabang tahun 2014-2015.

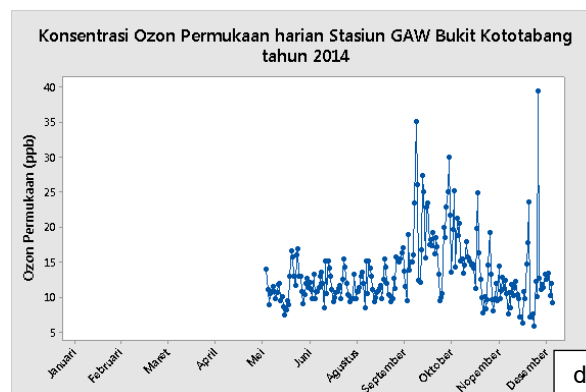
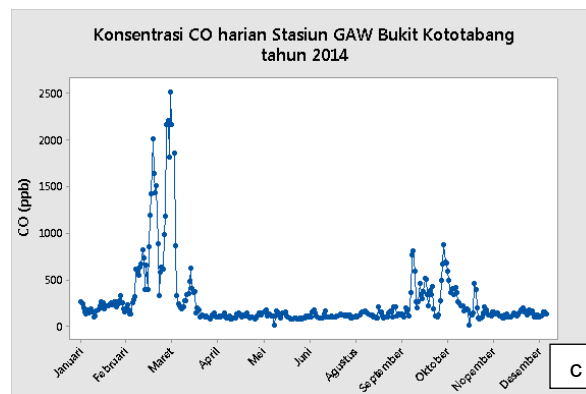
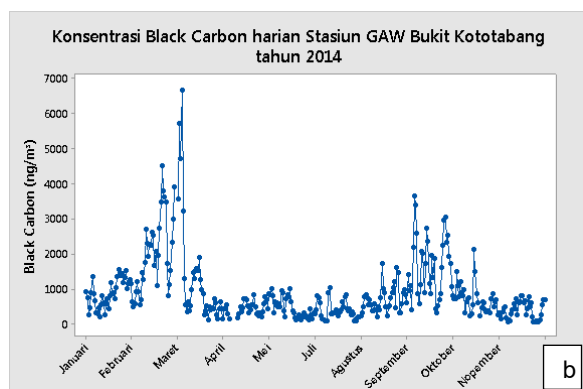
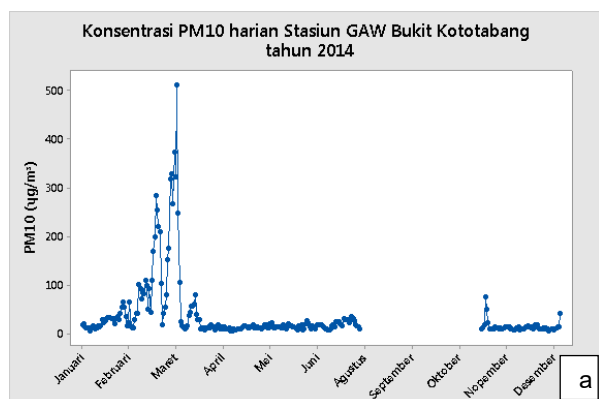
Berbeda dengan konsentrasi PM10, Black Carbon dan CO, konsentrasi Ozon permukaan pada tahun 2014-2015 tidak meningkat secara signifikan hal ini dapat dilihat pada gambar 3, karena ozon merupakan produk sekunder dari hasil pembakaran biomassa di mana prekursor prekursor ozon bereaksi dengan bantuan energi sinar matahari (Tugaswati, 2012). Kebakaran hutan yang terjadi pada tahun 2014-2015 menimbulkan terjadinya kabut asap di permukaan sehingga menyebabkan energi sinar matahari yang sampai ke permukaan bumi tidak maksimal, sehingga mempengaruhi pembentukan Ozon permukaan. Konsentrasi Ozon permukaan maksimum terjadi pada tanggal 19 September 2015 sebesar 44 ppb, dengan nilai rata-rata yang terukur di stasiun GAW Bukit Kototabang sebesar 19 ppb.



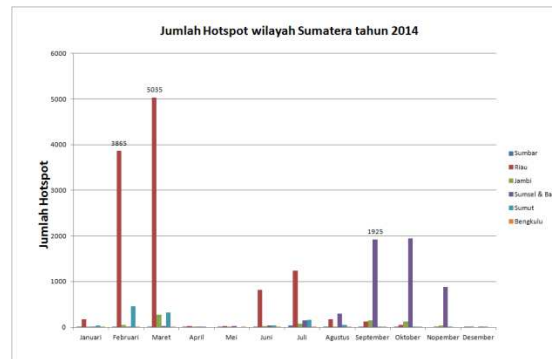
Gambar 4. Curah hujan dan normal curah hujan Stasiun GAW Bukit Kototabang pada tahun 2014(a), dan tahun 2015 (b)

Berdasarkan Gambar 2 dan Gambar 3, pada saat terjadi peningkatan konsentrasi parameter kualitas udara secara signifikan di Stasiun GAW Bukit kototabang kondisi curah hujan berada di bawah normal, dimana pada bulan Februari dan Maret tahun 2014 (Gambar 4.a) saat konsentrasi parameter kualitas udara meningkat secara signifikan jumlah curah hujan yang terukur sebesar 102,6 mm dengan curah hujan normal pada bulan tersebut sebesar 206,8 mm, pada bulan Maret curah hujan terukur sebesar 204,1 mm dengan curah hujan normal pada bulan tersebut sebesar 269,9 mm. berbeda dengan tahun 2014, pada tahun 2015 (Gambar 4.b) penurunan curah hujan hanya terjadi pada bulan Oktober, dengan curah hujan yang terukur sebesar 258 mm, dengan normal curah hujan pada bulan tersebut sebesar 309,7 mm. Namun secara umum kedua kondisi ini menjadi salah satu faktor yang menyebabkan terjadinya peningkatan konsentrasi parameter kualitas udara yang terukur di Stasiun GAW Bukit Kototabang.

Analisis konsentrasi parameter kualitas udara pada tahun 2014

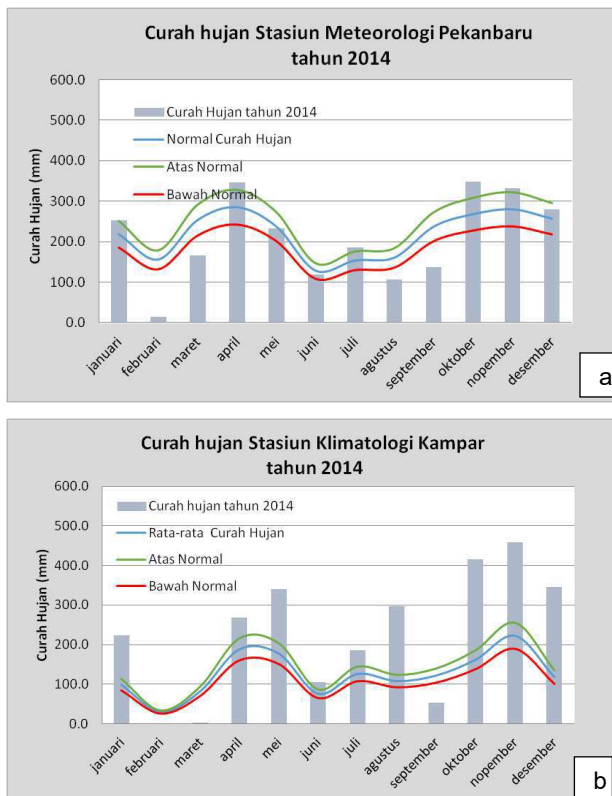


Gambar 5. Konsentrasi PM10 (a), Black Carbon (b), CO(c) dan Ozon Permukaan (d) Stasiun GAW Bukit Kototabang tahun 2014.



Gambar 6. Grafik jumlah hotspot wilayah Sumatera pada tahun 2014.

Gambar 5 merupakan Konsentrasi harian PM10 (a), Black Carbon (b), CO (c) dan Ozon permukaan (d) pada tahun 2014, dari gambar tersebut terlihat bahwa secara umum konsentrasi maksimum terjadi pada bulan Februari hingga Maret, jika dilihat dari kondisi hotspot/titik panas yang terpantau di wilayah Sumatera pada tahun 2014 (Gambar. 6) hotspot tertinggi terpantau di provinsi Riau dengan jumlah hotspot tertinggi terjadi pada bulan Februari dan Maret dengan jumlah hotspot sebanyak 3865 pada bulan februari dan 5035 pada bulan Maret 2014.



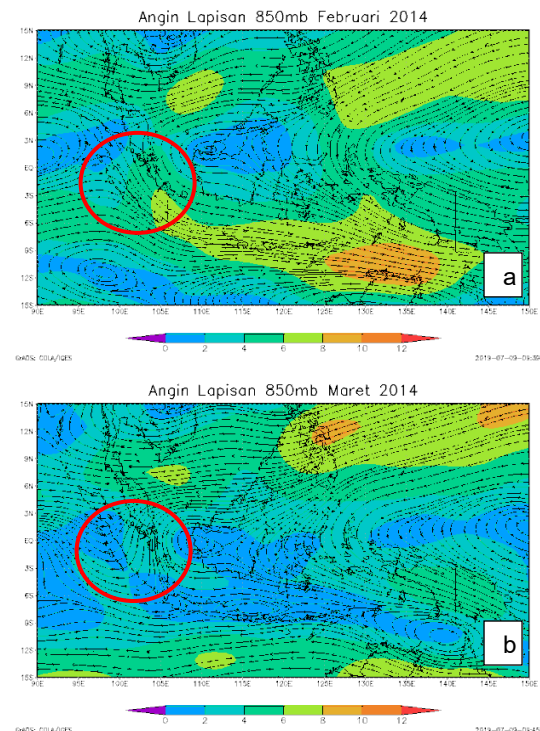
Gambar 7. Grafik curah hujan dan normal curah hujan Stasiun Klimatologi Kampar (a) dan Stasiun Meteorologi SSK Pekanbaru (b) pada tahun 2014

Berdasarkan Gambar 7, kondisi curah hujan di provinsi Riau pada bulan Februari hingga Maret 2014 intensitas curah hujan berada di bawah normal / rata-rata. Curah hujan yang terukur di Stasiun Meteorologi Pekanbaru pada bulan Februari sebesar 13,8 mm dengan curah hujan normal pada bulan tersebut sebesar 155 mm sedangkan curah hujan yang terukur di stasiun Klimatologi kampar pada bulan Februari sebesar 0 mm dengan rata-rata curah hujan pada bulan tersebut sebesar 30 mm. Curah hujan yang terukur di stasiun Meteorologi Pekanbaru pada bulan Maret sebesar 147.2 mm dengan curah hujan normal pada bulan tersebut sebesar 253.3 mm, sedangkan curah hujan yang terukur di stasiun Klimatologi Kampar pada bulan Maret sebesar 3.3 mm dengan rata-rata curah hujan pada bulan tersebut sebesar 82.0 mm. Kondisi ini menunjukkan bahwa kondisi curah hujan di Provinsi Riau menyebabkan terjadinya kekeringan sehingga mengakibatkan terjadinya kebakaran hutan, hal ini berdampak pada hotspot/titik panas yang terpantau di Provinsi Riau pada bulan Februari dan Maret tahun 2014.

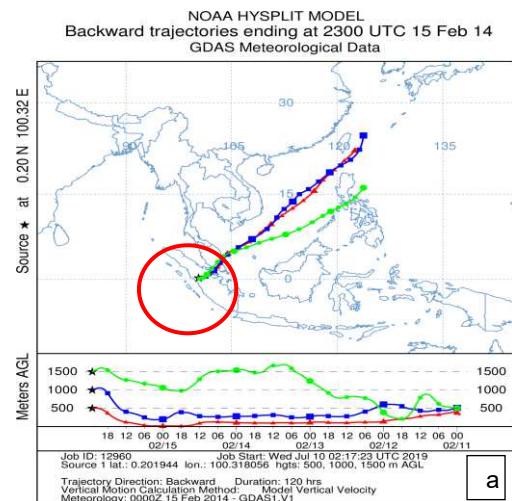
Tabel 2. Oceanic Niño Index.

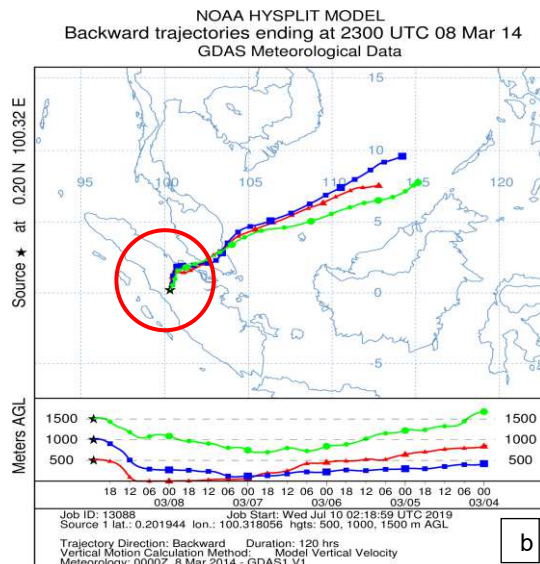
Oceanic Niño Index											
Year	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	NDJ
2014	-0.4	-0.4	-0.2	0.1	0.3	0.2	0.1	0	0.2	0.4	0.6
2015	0.6	0.6	0.6	0.8	1	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4	2.6

Niño Index pada tahun 2014 menunjukkan nilai negatif sehingga *El Niño* tidak terjadi pada tahun tersebut.



Gambar 8. Peta Angin lapisan 850mb pada bulan Februari (a) dan Maret (b) tahun 2014.

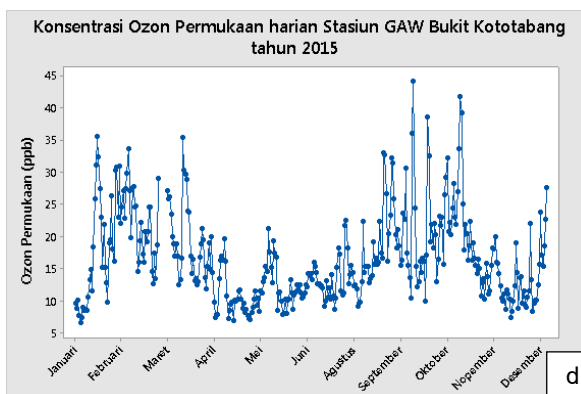
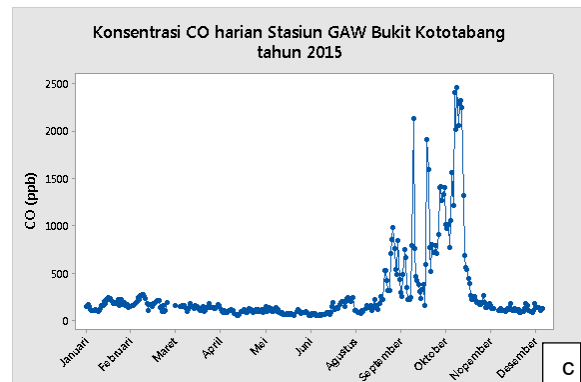
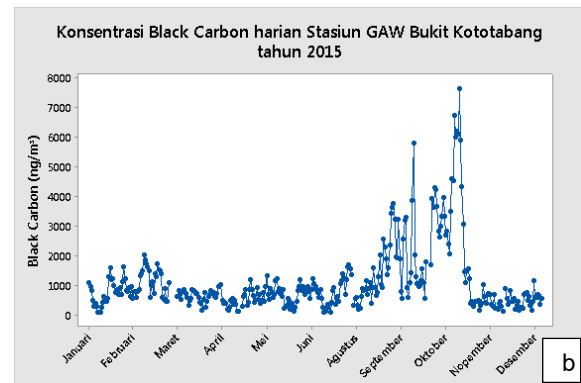
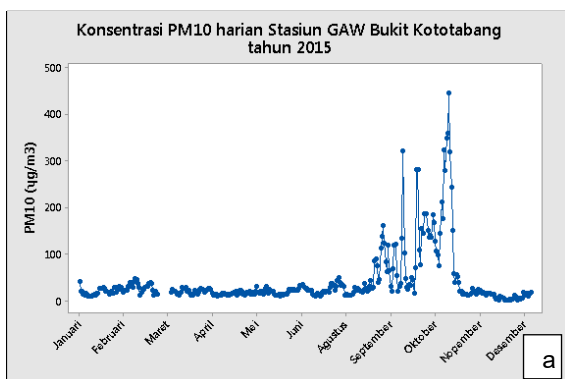




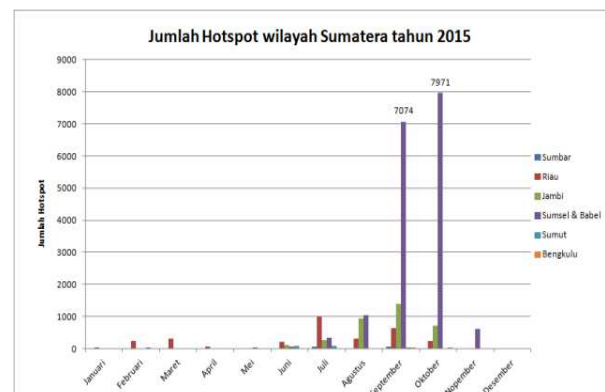
Gambar 9. Backward Trajectories pada bulan Februari (a) dan Maret (b) tahun 2014

Gambar 8 (a dan b) memperlihatkan bahwa pada bulan Maret dan Februari pada tahun 2014 arah angin di wilayah pengukuran parameter kualitas udara (Stasiun GAW Bukit Kototabang) bergerak dari Timur Laut hingga Timur. berdasarkan *Backward Trajectory* pada bulan Februari dan bulan maret 2014 (Gambar 9 a,b) masa udara yang bergerak menuju lokasi Stasiun GAW Bukit Kototabang berasal dari wilayah terjadinya kebakaran hutan sehingga polutan yang berasal dari wilayah kebakaran hutan terbawa menuju lokasi stasiun GAW Bukit Kototabang. hal ini yang mempengaruhi kondisi kualitas udara di Stasiun GAW Bukit kototabang, hingga konsentrasi PM10 yang terukur mencapai nilai maksimum 511 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) yang termasuk kedalam kategori berbahaya, Konsentrasi maksimum *Black Carbon* sebesar 6678 (ng/m^3), konsentrasi maksimum CO sebesar 2515 (ppb) dan konsentrasi maksimum ozon permukaan sebesar 39 (ppb).

Analisis Konsentrasi parameter kualitas udara pada tahun 2015

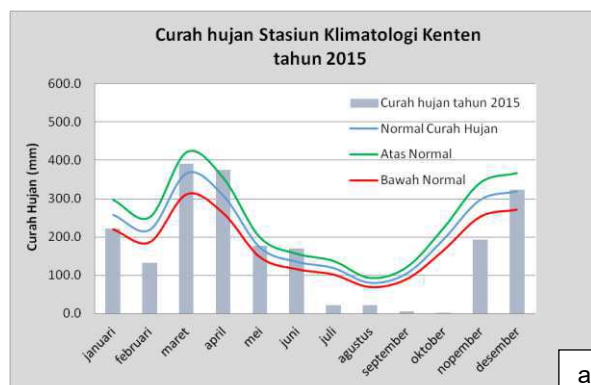
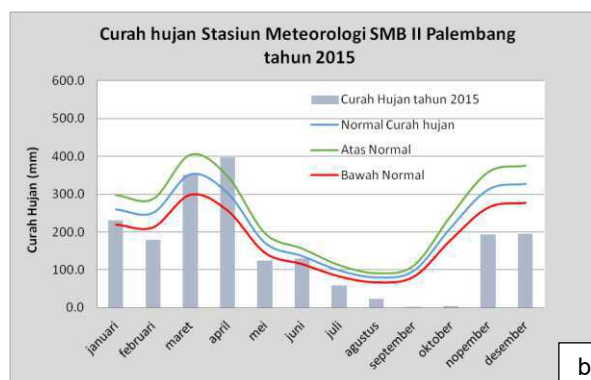


Gambar 10. Konsentrasi harian PM10 (a), *Black Carbon* (b), CO(c) dan Ozon Permukaan (d) Stasiun GAW Bukit Kototabang tahun 2015.



Gambar 11. Grafik jumlah hotspot wilayah Sumatera pada tahun 2015.

Gambar 10 merupakan Konsentrasi harian PM₁₀ (a), Black Carbon (b), CO (c) dan Ozon Permukaan (d) pada tahun 2015, dari gambar tersebut terlihat bahwa secara umum konsentrasi maksimum terjadi pada bulan September dan Oktober. Jika dilihat dari kondisi Hotspot/titik panas yang terpantau di wilayah Sumatera pada tahun 2015 (Gambar 11) hotspot tertinggi terpantau di provinsi Sumatera Selatan dan Bangka Belitung dengan jumlah hotspot tertinggi terjadi pada bulan September dan Oktober dengan jumlah hotspot sebanyak 7074 pada bulan September dan 7971 pada bulan Oktober 2015.



Gambar 12. Grafik curah hujan dan normal curah hujan Stasiun Meteorologi SMBII Palembang dan Stasiun Klimatologi Kenten tahun 2015.

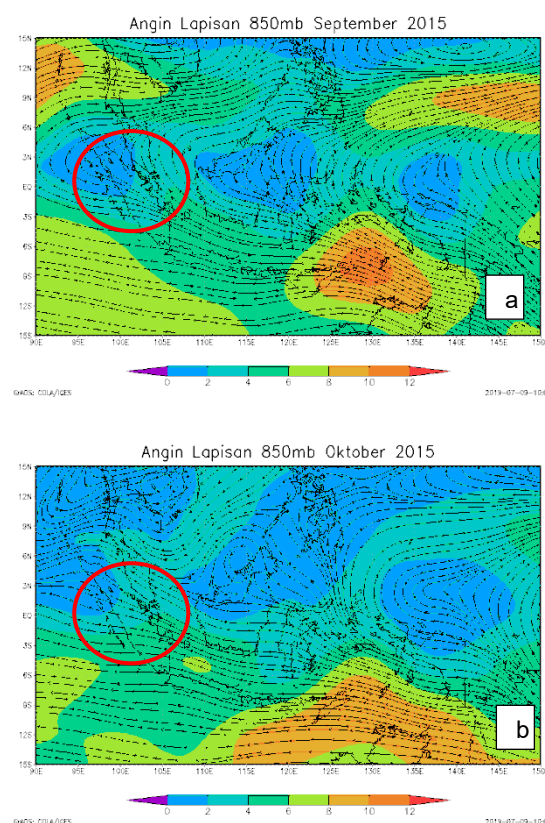
Berdasarkan gambar 12., kondisi curah hujan di Provinsi Sumatera Selatan pada bulan Februari hingga Maret 2015 intensitas curah hujan berada di bawah normal. Curah hujan yang terukur di stasiun Meteorologi SMBII Palembang pada bulan September sebesar 1,0 mm dengan normal curah hujan pada bulan tersebut sebesar 250.7 mm sedangkan curah hujan yang terukur di stasiun Klimatologi Kenten pada bulan September sebesar 5.3 mm dengan normal curah hujan pada bulan tersebut sebesar 105.4 mm. Curah hujan yang terukur di stasiun Meteorologi SMBII Palembang pada bulan Oktober sebesar 3.3 mm dengan curah hujan normal pada bulan tersebut sebesar 212.7 mm, sedangkan curah hujan yang terukur di stasiun Klimatologi Kenten pada bulan

Oktober sebesar 0.2 mm dengan normal curah hujan pada bulan tersebut sebesar 193.9 mm. Kondisi ini menunjukkan bahwa kondisi curah hujan di Provinsi Sumatera Selatan menyebabkan terjadinya kekeringan sehingga mengakibatkan terjadinya kebakaran hutan. hal ini berdampak pada hotspot yang terpantau di Provinsi Sumatera selatan dan Bangka Belitung pada bulan September dan Oktober tahun 2015.

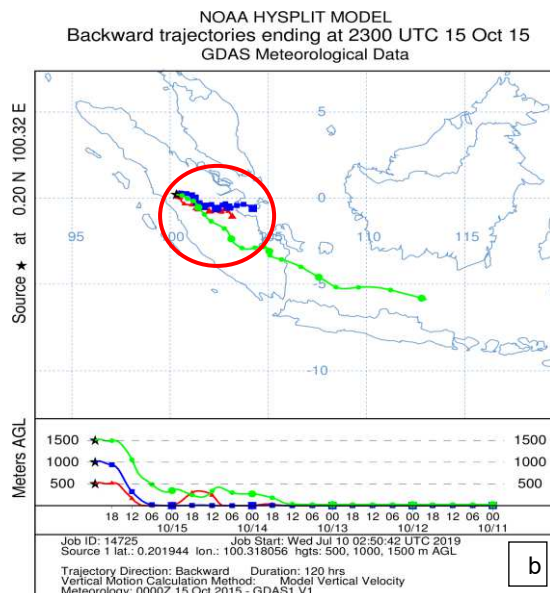
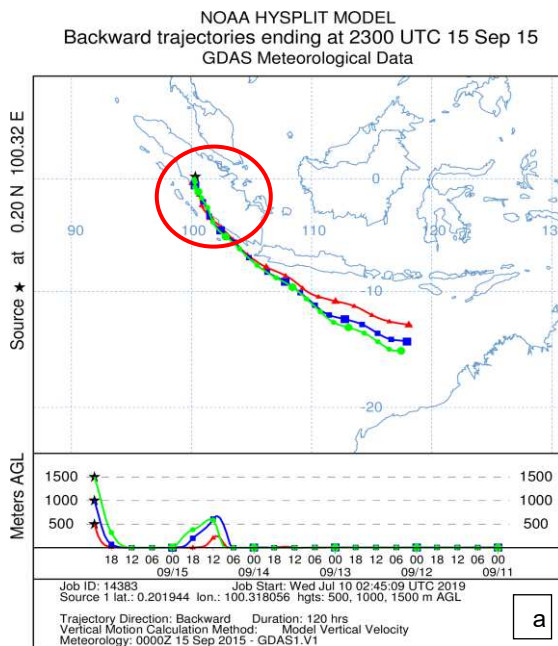
Tabel 3. Oceanic Niño Index.

Oceanic Niño Index											
Year	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	NDJ
2014	-0.4	-0.4	-0.2	0.1	0.3	0.2	0.1	0	0.2	0.4	0.6 0.7
2015	0.6	0.6	0.6	0.8	1	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4	2.5 2.6

Niño Indeks pada bulan September dan Oktober 2015 menunjukkan nilai positif dimana hal ini menandakan bahwa terjadi *El Niño* dengan kategori kuat sehingga mempengaruhi kondisi curah hujan di Provinsi Sumatera Selatan dan mengakibatkan terjadinya kekeringan yang dapat memicu terjadinya kebakaran hutan.



Gambar 13. Peta Angin lapisan 850mb pada bulan Februari (a) dan Maret (b) tahun 2015.



Gambar 14. Backward Trajectories pada bulan Februari (a) dan Maret (b) tahun 2015.

Gambar 13 (a dan b) memperlihatkan bahwa pada bulan September dan Oktober pada tahun 2015 arah angin di wilayah pengukuran parameter kualitas udara (Stasiun GAW Bukit Kototabang) bergerak dari Selatan hingga Tenggara. Berdasarkan Backward trajectory pada bulan Februari dan bulan maret 2014 (Gambar 14 a dan b) massa udara yang bergerak menuju lokasi pengukuran parameter kualitas udara berasal dari wilayah terjadinya kebakaran hutan dimana hotspot yang terpantau di wilayah Sumatera Selatan merupakan salah satu indikasi terjadinya kebakaran hutan sehingga polutan yang berasal dari wilayah kebakaran hutan terbawa menuju lokasi stasiun GAW Bukit

Kototabang, hal ini yang mempengaruhi kondisi kualitas udara di Stasiun GAW Bukit kototabang tersebut, hingga konsentrasi PM10 yang terukur mencapai nilai maksimum 446 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) yang termasuk kedalam kategori berbahaya, konsentrasi maksimum Black Carbon sebesar 7461 (ng/m^3), konsentrasi maksimum CO sebesar 2462 (ppb) dan konsentrasi maksimum Ozon Permukaan sebesar 44 (ppb).

Kesimpulan

1. Kondisi curah hujan pada bulan Februari dan Maret tahun 2014 yang menyebabkan terjadinya kekeringan menjadi faktor pemicu terjadinya kebakaran di provinsi Riau sehingga menyebabkan konsentrasi parameter kualitas udara meingkat secara signifikan di stasiun GAW Bukit kototabang.
2. Peningkatan konsentrasi parameter kualitas udara pada bulan september dan oktober tahun 2015 dipengaruhi oleh Kebakaran hutan yang terjadi diwilayah Sumatera Selatan yang disebabkan oleh kekeringan akibat berkurangnya curah hujan pada saat terjadi elnino kuat pada tahun 2015.
3. Kebakaran hutan yang terjadinya pada tahun 2014-2015 yang di akibatkan oleh kekeringan hanya mempengaruhi beberapa parameter diantaranya PM10, Black Carbon dan CO.

Daftar Pustaka

- Kusumaningtyas ,S.D.A and E. Aldrian, 2016, Impact of the June 2013 Riau province Sumatera, *Environ. Res. Lett.* 11-075007
- Kurniawan, Agusta., 2017. Pengukuran Parameter Kualitas Udara (CO, NO₂, SO₂, O₃ dan PM10) Di Bukit Kototabang Berbasis ISPU. *Jurnal Teknosainsvol*, 7, (1)
- Krisanti, Asistia dan Puji Lestari. 2011. Pengukuran Konsentrasi Pm10 Dan Black Carbon Yang Dihasilkan Oleh Asap Kebakaran Lahan Gambut Dan Hutan Di Desa Pekanheran, Kabupaten Indragiri Hulu, Provinsi Riau. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 17(1):100-111
- Machiwal, D and M. K. Jha. 2006. Time Series Analysis of Hydrologic Data For Water Resources Planning and Management: A Review. *J. Hydrol. Hydromech.*, 54(3): 237–257
- Maslahah, F. A., dan Setiawan, Budi. 2011. Pengaruh Transportasi polutan pada konsentrasi parameter kualitas udara di bukit kototabang: Studi kasus tanggal 22 Februari 2005 dan 6 Oktober 2006 .*Megasains* 3: 22-31.

- Nahas, C. N. dan S. Nugroho. 2011. Kondisi kualitas udara bukit kototabang tahun 2011. *Megasains* 2(6): 31-44
- Satria,B. , Nahas, A ,C., Kurniawan, E. 2015, *Black Carbon Measurements at Global Atmosphere Watch Bukit Kototabang During Forest Fire Episodes in Sumatra*. BMKG, Jakarta.
- Supriyatna, A. 2016. *Peluang kemunculan Hotspot berdasarkan Standardized Precipitation Index di Kalimantan Barat*.STMKG, Jakarta.
- Yamanaka, M. D., Jun-Ichi, H., Matsumoto, J., Fukao, S., Winarso, P. A., dan Sribimawati, T. 2002. Spatial and Temporal Variations of the Rainy Season over Indonesia and their Link to ENSO, *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 80(2):285-310.