



ISSN 2355-25901
Volume 14
Tahun 2022

SBK

SUARA BUKIT KOTOTABANG



BADAN METEOROLOGI KLIMATOLOGI DAN GEOFISIKA
STASIUN PEMANTAU ATMOSFER GLOBAL
BUKIT KOTOTABANG
2022



SUSUNAN REDAKSI

Penanggung Jawab

Sugeng Nugroho, M.Si

Redaktur Kepala

Reza Mahdi, ST, MM

Redaktur

Darmadi, ST

Editor

Andi Sulistyono, S.Si

Dodi Saputra, S.Si

Ikhsan Buyung Arifin, S.Tr

Tanti Tritama Okaem, S.Si

Desain Grafis & Fotografer

Rinaldi, A.Md

Dhiyaul Qalbi Syofyan, S.Tr

Soni Miftah Pratama, S.Tr

Sekretariat

Diko Revano Umbara, SE

Fajri Zulgino, ST

Rendi Septa Davi, S.Tr

Dwiky Pujo Pratama, S.Tr

Quartha Rivaldo, S.Tr

Iman Ahmadi Hardiyani, S.Si

Kharir Frestia Deastari, S.Tr

Kiagus Ardi Zulistyawan, S.Tr

Ridwan, S.Tr

Rizka Fayu Fadilla, A.Md

Ibrahim

KONTAK REDAKSI

Stasiun Pemantau Atmosfer Global (GAW)

Bukit Kototabang

Kabupaten Agam, Sumatera Barat

Jln. Raya Bukittinggi-Medan Km.17 Palupuh

COVER STORY



Dokumentasi Kunjungan
Edukasi Mahasiswa Ke
Stasiun Pemantau Atmosfer
Global Bukit Kototabang

- Halaman ini sengaja dikosongkan -

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami ucapkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas berkat rahmat dan hidayah-Nya, majalah Suara Bukit Kototabang (SBK) Vol. 14 (2022) ini dapat terbit dan terwujud.

Melanjutkan edisi sebelumnya, pada edisi ini berisikan tentang tulisan/kajian dari hasil analisis para pegawai Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Koto Tabang. Majalah ini sudah mendapatkan ISSN dari LIPI. ISSN yang kami dapatkan bernomor 2355-259X, dan X kami isikan dengan 01, sehingga menggunakan nomor ISSN (2355-25901).

Redaksi juga mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang berperan secara langsung dan tidak langsung dalam membantu pembuatan dan penerbitan majalah ini. Semoga tulisan dalam majalah ini dapat bermanfaat bagi kemajuan Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Koto Tabang secara khusus dan BMKG secara umum.

Bukit Kototabang, Desember 2022

Kepala Stasiun
Pemantau Atmosfer Global
Bukit Kototabang

Sugeng Nugroho, M.Si

DAFTAR KARYA TULIS

	Halaman
<p>PERBANDINGAN KONSENTRASI <i>BLACK CARBON</i> MENGGUNAKAN MODEL WRF-CHEM DENGAN DATA OBSERVASI STASIUN GAW BUKIT KOTOTABANG SAAT KEBAKARAN HUTAN TANGGAL 7 – 10 SEPTEMBER 2019 DI PULAU SUMATERA <i>Dhiyaul Qalbi, Rinaldi</i></p>	1 -11
<p>VERIFIKASI HASIL PENGUKURAN GAS RUMAH KACA DENGAN METODE FLASK SAMPLING TERHADAP PENGUKURAN DENGAN METODE <i>CAVITY RING DOWN SPECTROSCOPY (CRDS)</i> <i>Tanti Tritama Okaem, Kharir Frestia Deastari</i></p>	12 - 19
<p>IDENTIFIKASI KEADAAN HUJAN TERHADAP KONSENTRASI <i>BLACK CARBON</i> YANG TERUKUR DI STASIUN PEMANTAU ATMOSFER GLOBAL BUKIT KOTOTABANG. <i>Andi Sulistiyono, Dwiky Pujo Pratama</i></p>	20- 31
<p>VARIASI KONSENTRASI <i>BLACK CARBON</i> DI BUKIT KOTOTABANG DAN HUBUNGANNYA DENGAN FAKTOR – FAKTOR METEOROLOGI TAHUN 2013 – 2021 <i>Quartha Rivaldo, Fajri Zulgino dan Soni Miftah Pratama</i></p>	32 – 39
<p>STUDI KUALITAS UDARA DENGAN PENDEKATAN KEADAAN KIMIA AIR HUJAN DAN AEROSOL PM10 PERIODE TAHUN 2019 DAN 2020 STASIUN PEMANTAU ATMOSFER GLOBAL BUKIT KOTOTABANG <i>Andi Sulistiyono, Kiagus Ardi Zulistyawan</i></p>	40 – 48
<p>PENGUKURAN KONSENTRASI OZON (O₃) MENGGUNAKAN INSTRUMEN THERMOSCIENTIFIC 49IQ DI STASIUN PEMANTAU ATMOSFER GLOBAL (GAW) BUKIT KOTOTABANG AGAM TAHUN 2017-2021 <i>Dodi Saputra, Rendi Septa Davi, Ikhsan Buyung Arifin</i></p>	49 – 55
<p>ANALISIS TINGKAT KEASAMAN AIR HUJAN DI KOTOTABANG PERIODE 2017-2021 <i>Ikhsan Buyung Arifin, Iman Ahmadi Hardiyana, Rendi Septa Davi</i></p>	56 - 64
<p>ANALISIS <i>JOB DESCRIPTION</i> PADA PELAPORAN BULANAN BIDANG ADMISNISTRASI DAN DATA TEKNIS OPERASIONAL DI LINGKUNGAN STASIUN PEMANTAU ATMOSFER GLOBAL BUKIT KOTOTABANG <i>Diko Revano Umbara, Rizka Fayu Fadilla</i></p>	65 - 71

PERBANDINGAN KONSENTRASI *BLACK CARBON* MENGGUNAKAN MODEL WRF-CHEM DENGAN DATA OBSERVASI STASIUN GAW BUKIT KOTOTABANG SAAT KEBAKARAN HUTAN TANGGAL 7 – 10 SEPTEMBER 2019 DI PULAU SUMATERA

Dhiyaul Qalbi*, Rinaldi

Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang, Sumatera Barat

Email: dhiyaul.qalbi@bmkgo.go.id

ABSTRAK

Kebakaran hutan merupakan salah satu bencana alam yang sering terjadi di Indonesia. Kebakaran hutan terjadi disebabkan oleh 2 (dua) faktor utama yaitu faktor alami dan faktor kegiatan manusia yang tidak terkontrol. Menurut BNPB, terdapat enam provinsi dengan kebakaran hutan terbesar sejak Januari 2019 dan tiga provinsi diantaranya berada di Pulau Sumatera yaitu Riau, Sumatera Selatan, dan Jambi. Menurut Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), jumlah titik api pada tahun 2019 naik 80 persen dari tahun sebelumnya dan merupakan kebakaran hutan terparah setelah tahun 2015. Berdasarkan pantauan satelit pada situs LAPAN, pada tanggal 7 September 2019 jumlah titik api mencapai 353 selama satu hari di Sumatera Selatan yang merupakan jumlah terbanyak sepanjang tahun 2019. Black carbon memiliki efek cukup kompleks pada perubahan iklim, dan juga memiliki dampak buruk bagi kesehatan dan dapat menyebabkan kematian. Penelitian ini dilakukan untuk Pulau Sumatera menggunakan WRF-Chem. Data yang digunakan yaitu data GFS – FNL, FINN, MEGAN dan CAM-Chem serta data observasi stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang untuk perbandingan nilai konsentrasi Black Carbon. Diperoleh hasil bahwa sebaran Black Carbon pada semakin hari semakin meluas dari arah selatan menuju utara dan konsentrasinya semakin banyak dan nilai konsentrasi Black Carbon yang dihasilkan dari model WRF-Chem lebih besar dibandingkan dengan hasil observasi Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang.

Kata Kunci : *Kebakaran hutan, Black Carbon, WRF-Chem*

1. Pendahuluan

Menurut BNPB, terdapat enam provinsi dengan kebakaran hutan terbesar sejak Januari 2019 dan tiga provinsi diantaranya berada di Pulau Sumatera yaitu Riau, Sumatera Selatan, dan Jambi. Riau merupakan provinsi dengan kebakaran hutan terluas. Menurut Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), jumlah titik api pada tahun 2019 naik 80 persen dari tahun sebelumnya dan merupakan kebakaran hutan terparah setelah tahun 2015. Berdasarkan pantauan satelit pada situs LAPAN, pada tanggal 7 September 2019 jumlah titik api mencapai 353 selama satu hari di Sumatera Selatan yang merupakan jumlah terbanyak sepanjang tahun 2019.

Kebakaran hutan menimbulkan kerugian ekonomi, sosial budaya, ekologi, dan politik. Kebakaran hutan terjadi disebabkan oleh 2 (dua) faktor utama yaitu faktor alami dan faktor kegiatan manusia yang tidak terkontrol. Faktor alami antara lain oleh pengaruh *El-Nino* yang menyebabkan kemarau berkepanjangan sehingga tanaman menjadi kering. Tanaman kering merupakan bahan bakar potensial jika terkena percikan api yang berasal dari batubara yang muncul dipermukaan ataupun dari pembakaran lainnya baik disengaja maupun tidak disengaja. Hal tersebut menyebabkan terjadinya kebakaran bawah (*ground fire*) dan kebakaran permukaan (*surface fire*) (Rasyid, 2014).

Black Carbon merupakan komponen dari partikulat halus ($PM_{2.5}$) yang sumber utama keberadaan *black carbon* di udara berasal dari *antropogenik* dan pembakaran biomassa, pembakaran tidak sempurna bahan bakar kendaraan bermotor dan sumber dari industri misalnya pembakaran batu bara untuk pembangkit energi, pembakaran tidak sempurna dari bahan bakar fosil, knalpot diesel, kompor tidak efisien yang umumnya dipakai di negara berkembang dengan membakar biomassa, kayu, semak-semak, atau sisa panen sebagai bahan bakar dan pembersihan hutan dan padang rumput (Mukhtar, dkk, 2012).

Salah satu partikulat yang dihasilkan dari kebakaran hutan adalah *black carbon* yang mana partikulat ini memiliki efek cukup kompleks pada perubahan iklim dikarenakan *black carbon* menyebabkan pemanasan pada atmosfer (*positive radiative forcing*) karena sifatnya mampu menyerap radiasi matahari di atmosfer, tetapi juga memiliki efek mendinginkan permukaan bumi (*negative radiative forcing*) karena mencegah radiasi tersebut mencapai permukaan bumi (Lestiani, dkk, 2007). Selain itu, *black carbon* juga memiliki dampak buruk bagi kesehatan dan dapat menyebabkan kematian.

Dari latar belakang di atas maka dengan menggunakan aplikasi pemodelan WRF-Chem akan dicoba untuk mengetahui bagaimana gambaran sebaran *black carbon* pada saat kebakaran hutan tanggal 7-10 September 2019 serta mengetahui bagaimana korelasi konsentrasi *black carbon* hasil WRF-Chem terhadap data yang terukur di Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang pada saat kebakaran hutan tanggal 7-10 September 2019 di Pulau Sumatera.

2. Metode Penulisan

Wilayah penelitian yang diambil pada laporan ini adalah Pulau Sumatera yang terletak pada 6°LU - 6°LS dan di antara 95°BT - 109°BT. Pulau Sumatera memiliki luas 473.481 km² dan terletak di bagian barat gugusan kepulauan Nusantara. Di sebelah timur pulau, banyak dijumpai rawa yang dialiri oleh sungai-sungai besar yang bermuara di sana dan di bagian barat, terbentang pegunungan Bukit Barisan yang membujur dari barat laut ke arah tenggara dengan panjang lebih kurang 1.500 km.



Gambar 1. Peta Pulau Sumatera

Metode untuk permodelan yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan aplikasi WRF – Chem versi 3.9.1.1. Adapun data inputan yang digunakan dalam pemodelan WRF – Chem tersebut diantaranya menggunakan data meteorologi yang diperoleh dari *Global Forecast System* (GFS), data hotspot yang diperoleh dari *Fire Inventory* (FINN) dan data *Initial dan Boundary Condition* dari WACCM.

Pengaturan konfigurasi aplikasi WRF – Chem dilakukan berdasar tabel dibawah ini yang di *running* selama 5 hari dari tanggal 7 – 10 September 2019 diantaranya pengaturan parameterisasi, opsi kimia, pengaturan fisis dan kontrol waktu:

Tabel 1. Pengaturan Skema WRF – Chem

WRF/WRF – Chem model setup	Description
Model Version	3.9.1.1 coupled with KPP
Domain	
Domain D01	Resolution: 3.7 × 3.7 km ²
	Latitude: 1.08 – (-3.94)°, longitude: 97.9 – 105.2°
	Number of grid cells: west – east 221, north – south 201
	No – Nesting
Vertical levels	Number of levels: 38σ levels, model top: 10hPa

Physics	
Microphysics sScheme	Lin et al. (option2) (Lin et al., 1983)
Longwave radiation sScheme	RRTMG (option 4) (Iacono et al., 2008)
Shortwave radiation sScheme	RRTMG (option 4) (Iacono et al., 2008)
PBL physics sScheme	YSU (option 1) (Hong et al., 2006)
Surface layer	Revised MM5 sScheme (option 11) (Jimenea et al., 2012)
Cumulus parameterization Scheme	New Grell (option 5) (Grell, 1993; Grell and Devenyi, 2002)
Land-surface model	Noah land - surface model (option 2) (Tewari et al., 2004)

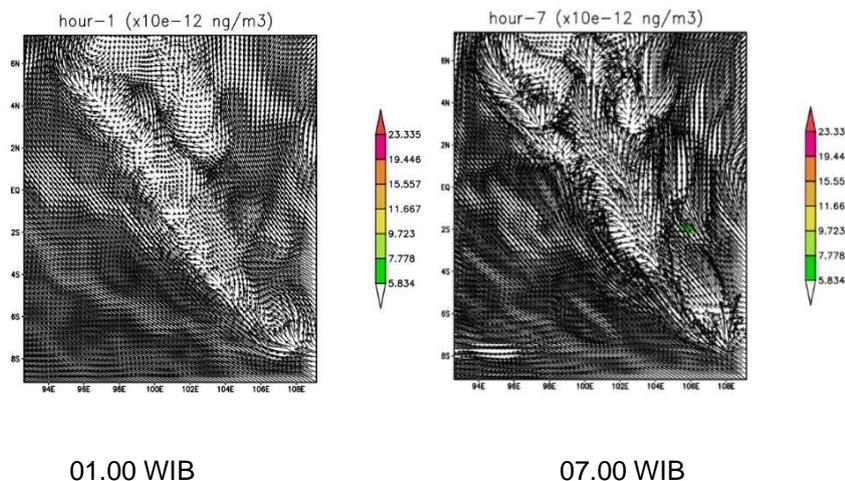
Hasil luaran WRF – Chem berupa data model konsentrasi dan vektor angin dalam bentuk spasial (grid) yang selanjutnya data tersebut akan divisualisasikan menggunakan aplikasi Grads untuk menghasilkan bentuk gambar spasial sebaran *aerosol black carbon* di wilayah pulau Sumatera resolusi 1 jam selama periode waktu *running*.

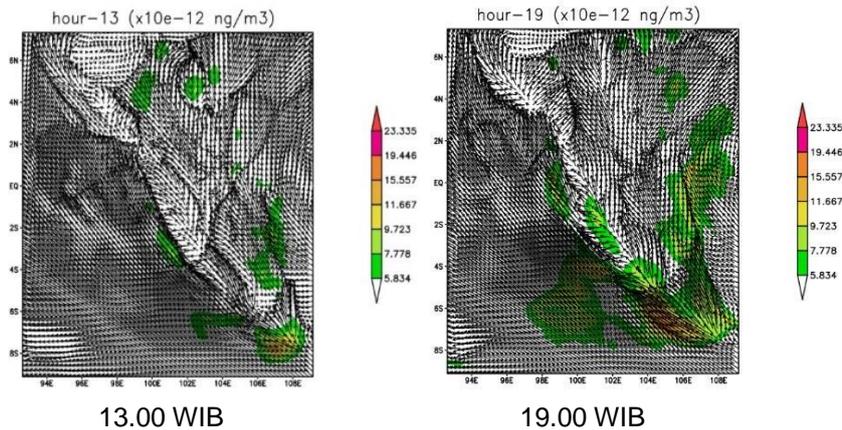
Selanjutnya dilakukan analisis secara spasial dengan membandingkan bagaimana sebaran Karbon Hitam dan vektor angin hasil luaran WRF – Chem dengan pola angin ketinggian 850 mb yang diperoleh dari satelit pada situs <https://earth.nullschool.net/>. Setelah diperoleh gambaran spasial dari luaran WRF – Chem, analisis lebih lanjut adalah data model tersebut akan dikorelasikan dengan data observasi pengukuran alat di Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang. Metode ini dilakukan untuk mengetahui perbandingan pola konsentrasi kedua data tersebut secara diurnal.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil yang diperoleh dari pengolahan data dalam penelitian ini berupa hasil pengolahan data observasi Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang dan hasil pemodelan WRF – Chem berupa peta sebaran *black carbon* di Pulau Sumatera pada tanggal 7- 10 September 2019 serta konsentrasi *black carbon* yang diperoleh dari model.

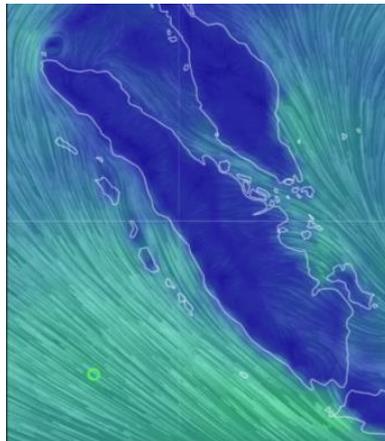
3.1 Sebaran *Black Carbon* Luar WRF-Chem





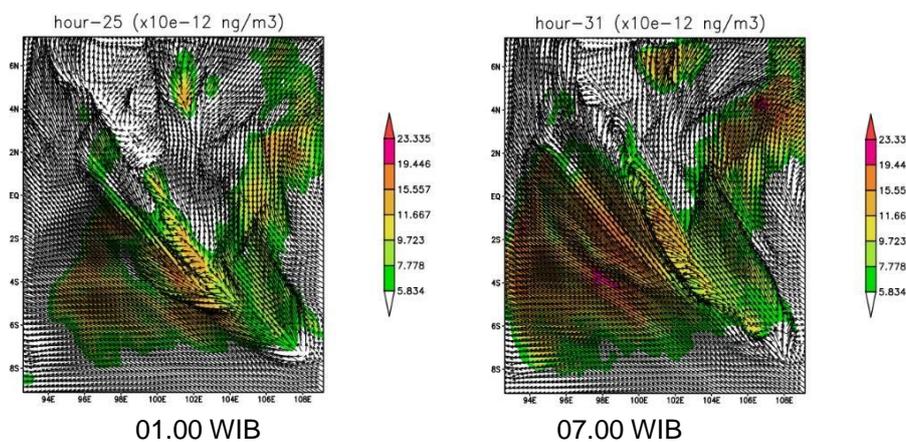
Gambar 2. Sebaran *black carbon* tanggal 7 September 2019 resolusi 1 Jam

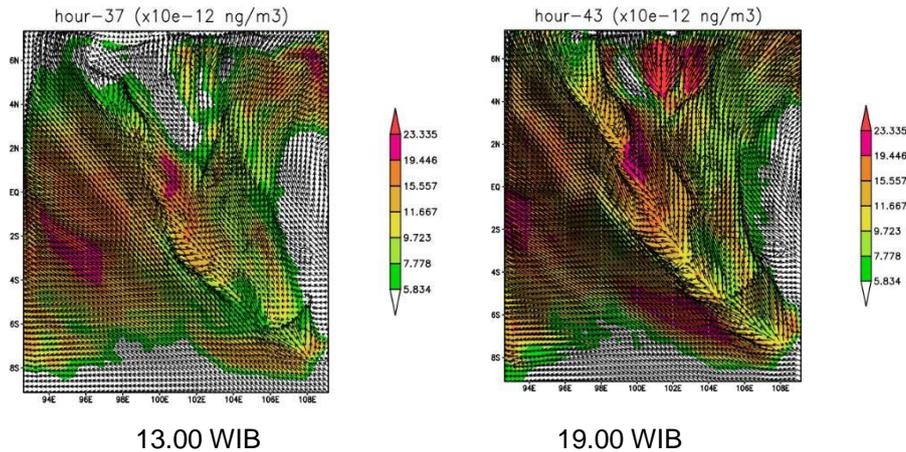
Berdasarkan peta sebaran *black carbon* di atas, dapat dilihat bahwa pada tanggal 7 September 2019 sebaran *black carbon* mulai banyak pada pukul 07.00 WIB dan semakin meluas setiap jamnya hingga pukul 24.00. Pada peta terlihat bahwa wilayah yang terdampak adalah Sumatera bagian selatan dan menyebar menuju utara.



Gambar 3. Arah Angin Tanggal 7 September 2019
(Sumber : <https://earth.nullschool.net/>)

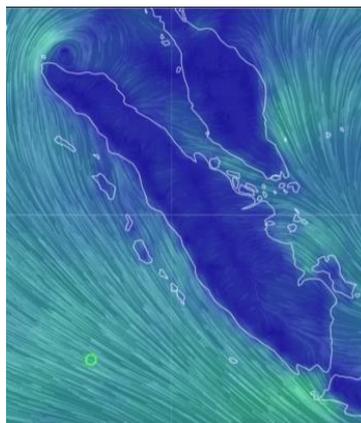
Dilihat dari arah angin, sebaran *black carbon* pada peta sesuai dengan arah angin pada tanggal 7 September 2019. Arah angin bergerak dari selatan menuju utara.





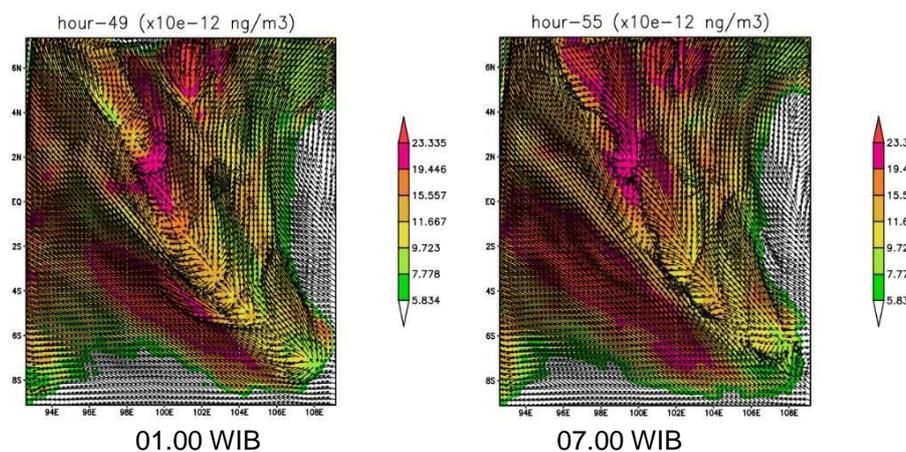
Gambar 4. Sebaran black carbon Tanggal 8 September 2019 resolusi 1 Jam

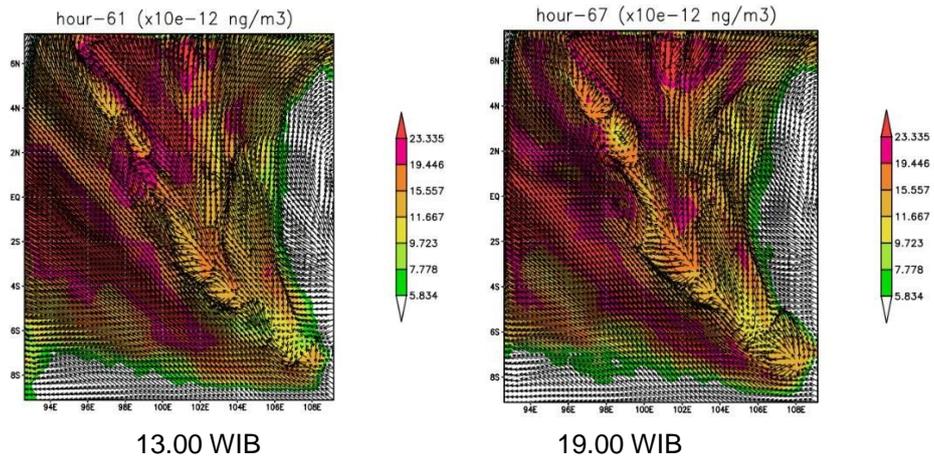
Berdasarkan peta sebaran *black carbon* di atas, dapat dilihat bahwa pada tanggal 8 September 2019 sebaran *black carbon* semakin luas pada hari sebelumnya. Bahkan mulai pukul 12.00 WIB Pulau Sumatera sudah terdampak keseluruhan wilayahnya.



Gambar 5. Arah Angin Tanggal 8 September 2019
(Sumber : <https://earth.nullschool.net/>)

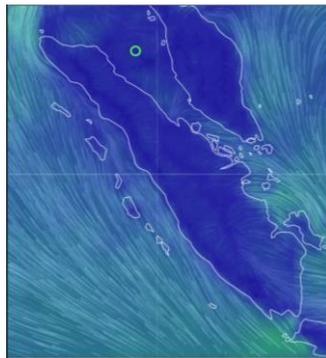
Dilihat dari arah angin, sebaran *black carbon* pada peta sesuai dengan arah angin pada tanggal 8 September 2019. Arah angin bergerak dari selatan menuju utara.





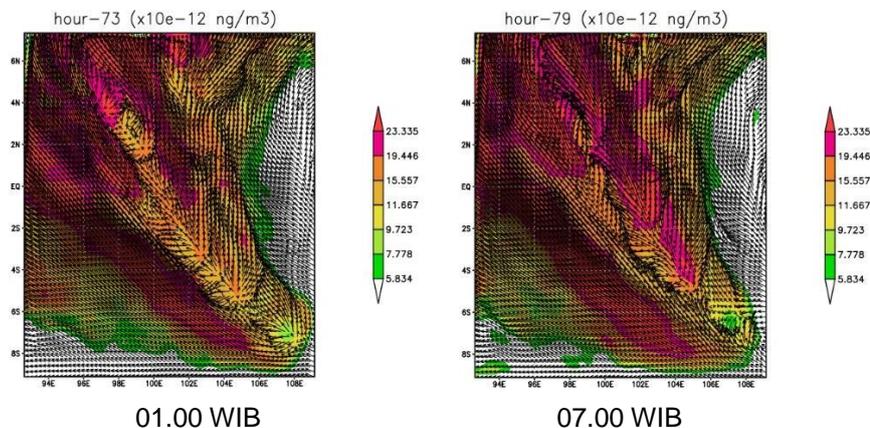
Gambar 6. Sebaran *Black Carbon* Tanggal 9 September 2019 Resolusi 1 Jam

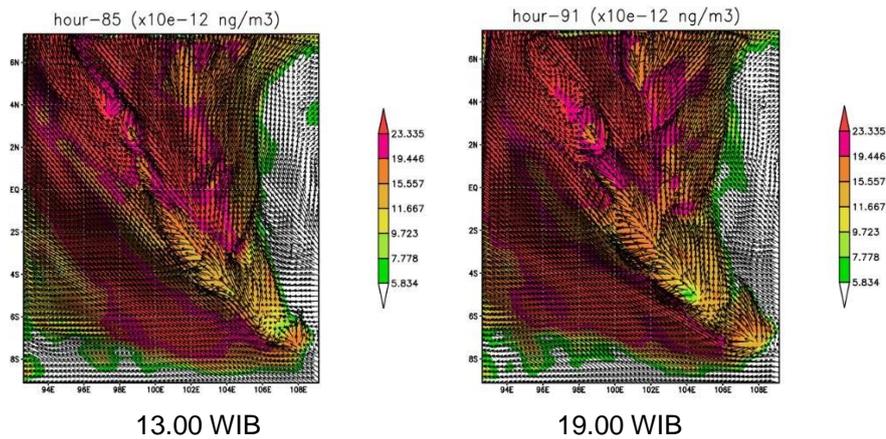
Berdasarkan peta sebaran *black carbon* di atas, dapat dilihat bahwa pada tanggal 9 September 2019 sebaran *black carbon* semakin banyak dibandingkan hari sebelumnya. Pada tanggal 9 September 2019 Semua wilayah di Pulau Sumatera sudah terdampak dengan konsentrasi *black carbon* yang semakin banyak.



Gambar 7. Arah Angin Tanggal 9 September 2019
(Sumber : <https://earth.nullschool.net/>)

Dilihat dari arah angin, sebaran *black carbon* pada peta sesuai dengan arah angin pada tanggal 9 September 2019. Arah angin bergerak dari selatan menuju utara.





Gambar 8. Sebaran *black carbon* Tanggal 10 September 2019 resolusi 1 Jam

Berdasarkan peta sebaran *black carbon* di atas, dapat dilihat bahwa pada tanggal 10 September 2019 sebaran *black carbon* hampir sama dengan hari sebelumnya. Namun pada pukul 16.00 WIB – 20.00 WIB sebaran *black carbon* di wilayah Sumatera bagian Selatan sempat berkurang tetapi kembali meningkat pada pukul 21.00 WIB.

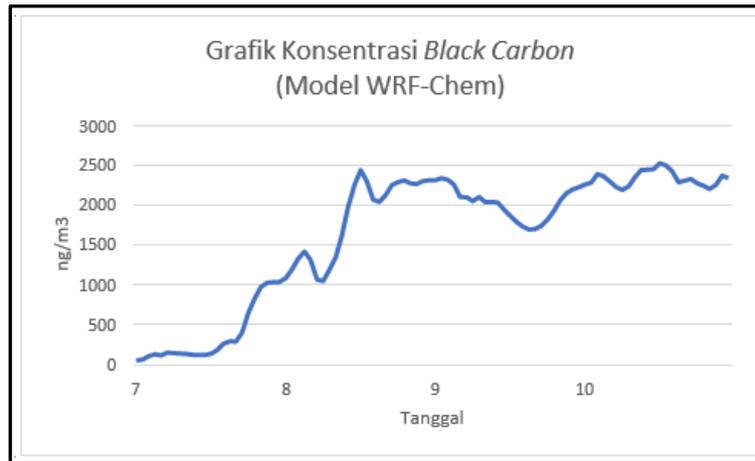


Gambar 9. Arah angin tanggal 10 September 2019
(Sumber : <https://earth.nullschool.net/>)

Dilihat dari arah angin, sebaran *black carbon* pada peta sesuai dengan arah angin pada tanggal 10 September 2019. Arah angin bergerak dari selatan menuju utara.

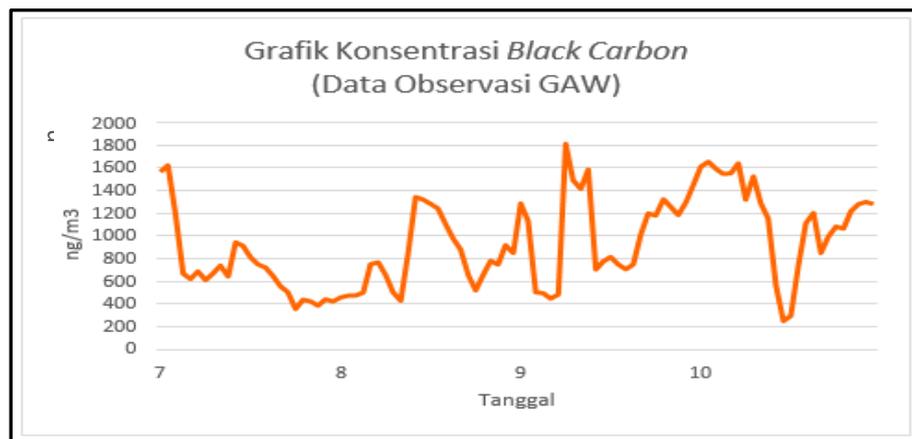
3.2 Konsentrasi *Black Carbon*

Berikut ini adalah tabel konsentrasi *black carbon* tanggal 7-10 September 2019 berdasarkan model WRF-Chem dan data observasi stasiun Pemantau Atmosfer Global BukitKototabang.



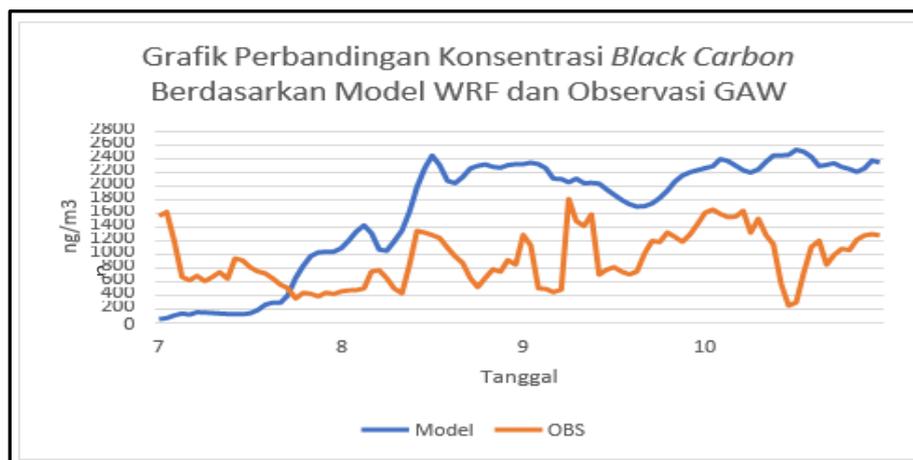
Gambar 10. Grafik Konsentrasi *black carbon* berdasarkan model WRF-Chem

Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa konsentrasi *black carbon* yang terus meningkat dari tanggal 07 hingga tanggal 09 September 2019. Konsentrasi *black carbon* terlihat cukup tinggi pada tanggal 08-09 September 2019. Pada akhir tanggal 09, konsentrasi *black carbon* kembali menurun namun tetap tinggi bila dibanding hari – hari sebelumnya dan kembali naik pada akhir tanggal 10 September 2019.



Gambar 11. Grafik Konsentrasi *black carbon* berdasarkan data observasi

Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa konsentrasi *black carbon* yang terus naik turun pada tanggal 07-10 September 2019. Konsentrasi *black carbon* tertinggi terjadi pada tanggal 09 September 2019 dan terendah pada tanggal 10 September 2019.



Gambar 12. Grafik perbandingan konsentrasi *black carbon* Model WRF-Chem dengan data observasi

Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan pola konsentrasi *black carbon* yang dihasilkan dari model WRF-Chem dengan data hasil observasi Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang. Namun, dapat dilihat pada grafik pada tanggal 8 -9 September 2019 terdapat persamaan yaitu konsentrasi *black carbon* tinggi dibandingkan tanggal 7 September 2019.

4. Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan pembahasan yang sudah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Sebaran *black carbon* pada saat kebakaran hutan tanggal 7- 10 September 2019 di Pulau Sumatera memiliki pola semakin hari semakin menyebar dari arah selatan menuju utara. Hal ini sesuai dengan pola angin ketinggian 850 mb yang bergerak dari arah tenggara menuju barat laut hasil citra satelit.
2. Nilai konsentrasi *black carbon* pada saat kebakaran hutan tanggal 7 - 10 September 2019 di Pulau Sumatera yang dihasilkan dari model WRF- Chem dan data observasi memiliki kesamaan yaitu pada tanggal 8 - 9 September 2019, konsentrasi *black carbon* tinggi dibandingkan tanggal 7 September 2019. Namun, nilai konsentrasi *black carbon* yang dihasilkan dari model WRF-Chem lebih besar dibandingkan dengan hasil observasi Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang.

Daftar Pustaka

- Ambarsari, N., & Kambara, P.Y. (2017). *Simulasi Pengaruh Kebakaran Hutan Terhadap Konsentrasi Pencemar Udara Menggunakan Model WRF-Chem Studi Kasus September 2015 dan 2016 di Indonesia*. Bandung: Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer - LAPAN.
- Faisal, I., dan Sofyan, A. (2019). Analisis Pengaruh Variasi Musiman Terhadap Dispersi NO₂ di Kota Tangerang Dengan Menggunakan Model WRF-Chem. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 25(1), 1-14.
- Heriyanto, E., Nuryanto, D.E. (2014). *Prediksi Sebaran Asap Kebakaran Hutan/Lahan Menggunakan WRF/Chem (Studi Kasus: Tanggal 14 dan 20 Juni 2012, Pekanbaru-Riau)*. Jakarta: Pusat Penelitian dan Pengembangan BMKG.
- Lestiani, D.D., Muhayatun, S., & Achmad, H. (2008). Karakteristik *black carbon* Partikulat Udara Halus PM_{2,5} di Bandung dan Lembang 2004- 2005. *Jurnal Sains dan Teknologi Nuklir Indonesia*, 9(2).
- Mukhtar, R., dkk. (2012). Kandungan *black carbon* pada partikulat udara halus dan Kasar dalam Udara Ambien di Daerah Serpong-Tangerang. *Jurnal Ecolab*, 6 (1), 1-11.
- Nurhayati, A.D., Ervina A., & Bambang H.S. (2010). Kandungan Emisi Gas Rumah Kaca pada Kebakaran Hutan Rawa Gambut di Pelalawan Riau. *Jurnal Ilmu Pertanian*, 15(2).
- Putra, E.I., & Puspawati, I.L. (2020). Pengaruh Kelembaban, Suhu Udara, dan Curah Hujan Terhadap Kejadian Kebakaran Gambut di Kabupaten Tanjung Jabung Timur, Jambi. *Jurnal Silviculture Tropika*, 10(3). 189-193.
- Rasyid, F. (2014). Permasalahan dan Dampak Kebakaran Hutan. *Jurnal Lingkar Widya Swara*, 1(4), 47-59.
- Syofyan, D.Q. (2020). *Pemodelan Sebaran Karbon Hitam Menggunakan WRF-Chem Selama Kebakaran Hutan di Sumatera Barat Tanggal 16-20 Oktober 2017*. Skripsi. Tangerang Selatan: Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika.

VERIFIKASI HASIL PENGUKURAN GAS RUMAH KACA DENGAN METODE FLASK SAMPLING TERHADAP PENGUKURAN DENGAN METODE CAVITY RING DOWN SPECTROSCOPY (CRDS)

Tanti Tritama Okaem*, Kharir Frestia Deastari

Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang, Sumatera Barat

Email: tantitritama@gmail.com

ABSTRAK

Konsentrasi Gas Rumah Kaca (GRK) mengalami lonjakan mencapai lebih dari 400 ppm pada awal abad ini. Pemahaman mengenai adanya peningkatan GRK dapat menjadi salah satu upaya untuk mengurangi peningkatan GRK di masa depan. Pemahaman akan hal itu dapat dilakukan dengan melakukan pemantauan GRK. Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang mempunyai alat pemantau GRK dengan 2 metode yang berbeda yaitu metode Cavity Ring Down Spectroscopy (CRDS) menggunakan instrumen Picarro G2401 dan metode sampling menggunakan Air Kit Flask Sampler. Instrumen Picarro G2401 sudah mengalami proses verifikasi sebelumnya oleh pihak NOAA. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk memverifikasi data pengukuran dengan metode sampling menggunakan Air Kit Flask Sampler yang dibandingkan dengan instrument Picarro G2401. Data yang digunakan untuk verifikasi yaitu data rata-rata bulanan dengan rentang periode selama 2019-2021. Sementara itu, metode verifikasinya berupa Root Mean Squared Error (RMSE), Mean Absolute Error (MAE), koefisien korelasi (r), dan koefisien determinasi (R^2). Hasil nilai dari RMSE dan MAE, keduanya memiliki nilai sebesar 1,16 untuk RMSE dan 0,83 untuk MAE. Selain itu, hasil nilai r sebesar 0,88 dan nilai R^2 sebesar 78%. Berdasarkan hasil dari keempat metode tersebut, menyatakan bahwa hasil data pengukuran dengan metode sampling oleh Air Kit Flask Sampler memiliki performa data yang baik. Sehingga data tersebut mungkin dapat digunakan sebagai pengganti data Picarro G2401 apabila sedang mengalami perbaikan atau dalam keadaan error.

Kata Kunci : CO₂, Air Kit Flask Sampler, Picarro G2401, Verifikasi

1. Pendahuluan

Gas rumah kaca berfungsi untuk menghangatkan bumi dan membuat kehidupan di bumi layak untuk dihuni. Konsentrasi gas rumah kaca sebelum peradaban manusia berkisar 200-280 molekul ppm, namun di abad yang lalu konsentrasi tersebut melonjak lebih dari 400 ppm, hal ini didorong oleh aktivitas manusia seperti membakar bahan bakar fosil dan penggundulan hutan, transportasi, industri dan lainnya (Denchak, 2019).

Emisi gas rumah kaca yang disebabkan oleh manusia saat ini lebih tinggi dari sebelumnya, konsentrasi gas rumah kaca atmosfer meningkat dengan cepat, menurut IPCC planet ini sedang memanas. Mengurangi emisi gas rumah kaca dibutuhkan upaya yang signifikan, salah satunya Indonesia melakukan langkah konkrit dalam mengurangi emisi gas rumah kaca yaitu tergabung dalam jaringan pemantau atmosfer global atau *Global Atmosphere Watch* (GAW) yang saat ini berlokasi di Bukit Kototabang dibawah instansi Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG). Stasiun Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang merupakan bagian monitoring dan riset dikoordinasi oleh *World Meteorological Organization* (WMO) untuk pengamatan atmosfer secara global sebagai representasi daerah *remote area* (Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang, 2020).

Pemantauan Gas Rumah Kaca (GRK) yang baik akan didukung oleh beberapa faktor pendukung yang saling berkaitan. Faktor pendukungnya meliputi peralatan yang handal dan sesuai kebutuhan pemantauan serta adanya validasi data. Beberapa peralatan yang terdapat di Stasiun Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang telah melewati proses validasi data salah satunya yaitu Picarro G2401. Proses validasi datanya dilakukan melalui kegiatan audit oleh pihak NOAA pada bulan Februari 2019.

Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang melakukan pemantauan GRK dengan menggunakan 2 metode berbeda yaitu monitoring dengan metode *Cavity Ring Down Spectroscopy* (CRDS) menggunakan instrumen picarro G2401 dan metode sampling menggunakan Air Kit Flask Sampler. Pada instrument Picarro G2401 sudah pernah dilakukan validasi melalui kegiatan audit dari pihak NOAA sehingga dalam penelitian ini bertujuan untuk menguji dan memverifikasi data pengukuran CO₂ dengan menggunakan *Air Kit Flask Sampler* dengan menggunakan hasil data pengukuran Picarro G2401.

2. Data dan Metode Penelitian

2.1 Data Penelitian

Data yang digunakan pada penelitian ini berupa data unsur CO₂ dengan pengambilan sampel menggunakan *Air Kit Flask Sampler* dan data pengukuran yang dihasilkan oleh alat Picarro G2401. Kedua data tersebut diambil di Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang yang memiliki koordinat pada 100,4°BT dan 0,2°LS. Data pengukuran merupakan data rata-rata bulanan dengan rentang periode selama 2019-2021.

2.2 Metode Pengambilan Sampel

2.2.1 Air Kit Flask Sampler

Metode pertama pengambilan sampel Gas Rumah Kaca dilakukan dengan menggunakan *Air Kit Flask Sampler*. Kegiatan ini dilakukan setiap satu minggu sekali yaitu hari Selasa pukul 14.00 WIB. Empat jenis gas utama yang diukur antara lain CO₂, CH₄, N₂O dan SF₆. Pengambilan sampel gas dilakukan dengan menghisap udara ambien melalui inlet *Air Kit Flask Sampler* yang diletakkan pada menara dengan ketinggian 32 m. Penempatan inlet pada ketinggian tersebut dimaksudkan untuk menghindari kontaminasi udara sampel dari berbagai pengotor dan pengaruh makhluk hidup yang ada dibawahnya. Selanjutnya, sampel udara kering dengan tekanan di bawah 3 psig akan dianalisis lebih lanjut di *Climate Monitoring and Diagnostic Laboratory* (CMDL) NOAA. Gas CO₂ akan dianalisis dengan metode *Non Dispersive Infra Red* (NDIR). Data dari hasil analisis tersebut bisa didapatkan dengan mengunduh di halaman berikut <https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/index.html> dan bisa juga menggunakan *Secured File Transfer Protocol* (SFTP) (Nahas & Herizal, 2008). *Air Kit Flask Sampler* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. *Air Kit Flask Sampler*

2.2.2. Picarro G2401

Picarro G2401 merupakan peralatan untuk pemantauan gas rumah kaca yang direkomendasikan oleh WMO. Inlet Picarro G2401 yang diletakkan pada ketinggian 32 m. Instrumen ini memiliki *drift* rendah, presisi dan akurasi yang tinggi serta kuat dan mudah digunakan. Instrumen ini menggunakan metode *Cavity Ring Down Spectroscopy* (CRDS) (Picarro Inc, 2010). Metode CRDS adalah teknik spektroskopi serapan yang sangat sensitif, yang pertama kali dijelaskan oleh O'Keefe dan Deacon

pada tahun 1988. CRDS menggunakan rongga optik, yang terbentuk antara dua cermin cekung yang sangat reflektif, dimana sinar laser terperangkap. Sinar laser di dalam rongga akan dipantulkan berkali-kali dan intensitasnya perlahan-lahan akan hilang. Intensitasnya akan lebih cepat, sehingga memberikan kemungkinan untuk mengukur koefisien *atenuasi*. Ada korelasi sederhana antara penurunan waktu peluruhan dan koefisien *atenuasi absolut*, yang membuat CRDS teknik yang sangat berguna untuk penyerapan spektroskopi. Picarro G2401 mengukur parameter CO₂, CO, CH₄ dan H₂O di udara. Instrumen picarro G2401 dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Instrumen Picarro G2401

2.3 Metode Verifikasi

Verifikasi pada penelitian ini bertujuan untuk menguji keakuratan hasil pengukuran konsentrasi CO₂ dengan menggunakan *Air Kit Flask Sampler* yang dibandingkan dengan hasil pengukuran dari Picarro G2401. Penggunaan data dari hasil pengukuran Picarro G2401 sebagai data acuan karena sudah dilakukan audit oleh pihak NOAA. Perbandingan dilakukan dengan mengambil rata-rata bulanan pada hari Selasa pukul 07.00 UTC atau 14.00 WIB. Hal ini dilakukan karena pengambilan sampling dengan menggunakan *Air Kit Flask Sampler* dilakukan pada waktu tersebut sehingga perhitungan Picarro G2401 juga diambil pada periode yang sama.

Terdapat 4 metode verifikasi yang akan digunakan pada penelitian ini. Untuk setiap persamaan terdapat nilai X yang merupakan nilai sampling dari *Air Kit Flask Sampler* ke- i dan Y adalah nilai sampling dari Picarro G2401 ke- i (Chai & Draxler, 2014; Chicco et al., 2021; Warner, 2011; Zhou et al., 2021). Berikut penjelasan secara rinci mengenai metode verifikasi yang digunakan dalam penelitian ini:

2.3.1 Root Mean Squared Error (RMSE)

RMSE termasuk dalam metode yang biasa digunakan untuk mengukur keakuratan model di bidang kualitas udara maupun penelitian mengenai iklim (Chai & Draxler, 2014). Hasil performa model dapat dikatakan baik jika nilai RMSE yang dihasilkan

mendekati 0 (Chicco et al., 2021; Zhou et al., 2021). RMSE dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Chai & Draxler, 2014; Chicco et al., 2021; Warner, 2011; Zhou et al., 2021):

$$RMSE = \sqrt{\sum \frac{(X_i - Y_i)^2}{n}} \quad (1)$$

2.3.2 Mean Absolute Error (MAE)

Nilai dari MAE memiliki arti yang sama dengan RMSE yaitu performa model dinilai baik apabila nilai MAE mendekati 0 (Chicco et al., 2021; Zhou et al., 2021). Persamaan yang digunakan untuk menghitung MAE terlihat pada persamaan 2 (Chai & Draxler, 2014; Chicco et al., 2021; Warner, 2011; Zhou et al., 2021).

$$MAE = \sum \frac{(X_i - Y_i)^2}{n} \quad (2)$$

2.3.3 Koefisien Korelasi (r)

Koefisien korelasi biasanya digunakan untuk mengukur derajat keeratan antara dua variable (Sari, 2021). Sehingga dalam verifikasi, hal tersebut dapat digunakan untuk mengetahui seberapa besar performa model terhadap nilai observasinya. Nilai r dihitung dengan persamaan 3.

$$r = \frac{n \sum X_i Y_i - \sum X_i \sum Y_i}{\sqrt{(n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2) - (n \sum Y_i^2 - (\sum Y_i)^2)}} \quad (3)$$

2.3.4 Koefisien Determinasi (R²)

Koefisien determinasi atau koefisien penentu merupakan kuadrat dari nilai r. Hasil nilai tersebut dapat menjelaskan seberapa besar keakuratan model. Terdapat rumus untuk menghitung R² dalam persen (Persamaan 4). Performa persentase keakuratan secara rinci dijelaskan pada Tabel 1.

$$R^2 = r^2 = (r)^2 \times 100\% \quad (4)$$

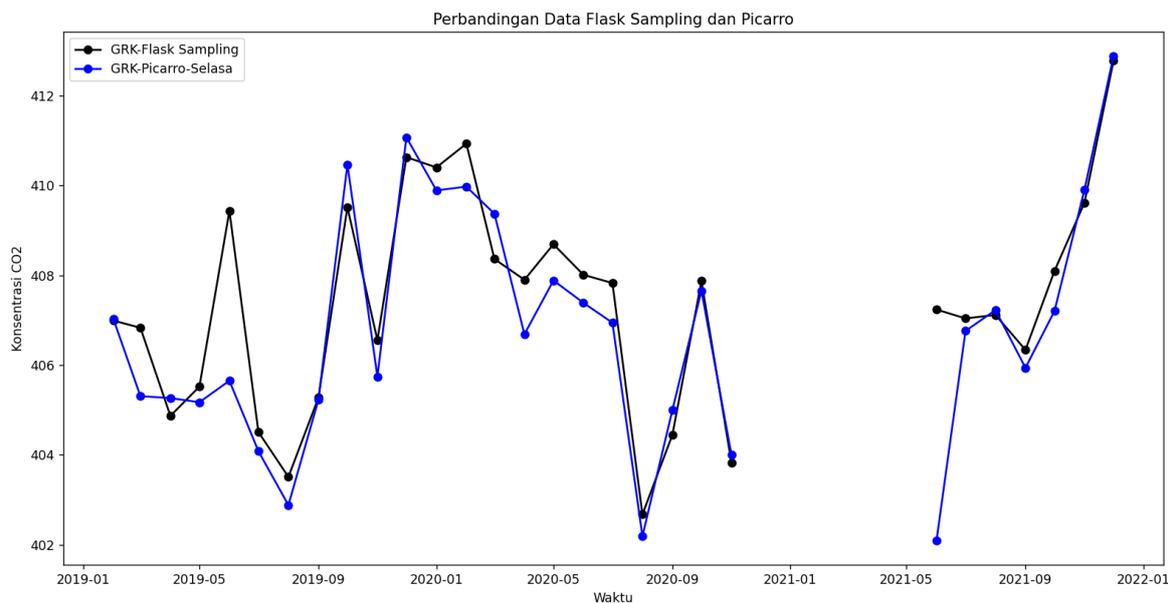
Tabel 1. Performa persentase nilai R²

Nilai r dan R ²	Performa model
<33%	Lemah
33% - 66%	Sedang
>66%	Kuat

Sumber: (Chin, 1998; Safril et al., 2013)

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil perbandingan antara data pengukuran CO₂ yang dihasilkan oleh *Air Kit Flask Sampler* dengan Picarro G2401 direpresentasikan secara visual dan perhitungan dengan metode verifikasi. Secara visual terlihat pada Gambar 3 dengan adanya grafik antara data pengukuran CO₂ *Air Kit Flask Sampler* dan Picarro G2401. Sementara itu, secara metode verifikasi berupa RMSE, MAE, r, dan R² ditunjukkan oleh Tabel 2.



Gambar 3. Perbandingan Data *Air Kit Flask Sampler* dan Picarro G2401

Data pengukuran CO₂ yang dihasilkan oleh *Air Kit Flask Sampler* dan Picarro G2401 selama rentang periode Februari 2019– Desember 2021 direpresentasikan dengan menggunakan *time series* pada Gambar 3. Grafik pada bulan Desember 2020 sampai Mei 2021 terlihat kosong dikarenakan instrumen Picarro G2401 sedang *maintenance* sehingga data pengukurannya tidak bisa digunakan dan dibandingkan dengan *Air Kit flask sampler*. Gambar 3 juga terlihat rentang nilai kedua data tersebut tidak terlalu jauh berbeda serta pola naik dan turun dari kedua data tersebut hampir sama. Terdapat 2 titik yang signifikan menunjukkan perbedaan antara kedua data tersebut. Seperti yang terjadi pada bulan Juni 2019, kedua data mengalami kenaikan konsentrasi CO₂ tetapi kenaikan yang dihasilkan oleh *Air Kit Flask Sampler* jauh lebih tinggi dibandingkan dengan yang dihasilkan oleh Picarro G2401. Begitu juga seperti yang terjadi di bulan Juni 2021, selisih nilai konsentrasi CO₂ yang dihasilkan melebihi 5 ppm. Secara umum jika dilihat dari selisih nilai yang dihasilkan dari kedua data, nilai konsentrasi CO₂ dari Picarro G2401 lebih rendah jika dibandingkan dengan nilai konsentrasi oleh Air Flask Sampler.

Tabel 2. Hasil Verifikasi Data Pengukuran CO₂

Metode	Nilai
RMSE	1.16
MAE	0.83
r	0.88
R ²	78%

Hasil verifikasi dengan menggunakan metode RMSE dan MAE menunjukkan nilai yang cukup baik. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 2, dimana nilai dari kedua metode tersebut mendekati 0. Nilai dari RMSE dan MAE yang mendekati 0 menjelaskan jika data yang diverifikasi memiliki performa data yang baik (Chicco et al., 2021; Zhou et al., 2021). Sehingga dapat disimpulkan berdasarkan nilai RMSE dan MAE, data pengukuran yang berasal dari *Air Kit Flask Sampler* memiliki performa data yang baik jika dibandingkan dengan data dari Picarro G2401.

Nilai r dan R² bisa lebih menjelaskan performa data dengan baik karena memiliki klasifikasi tertentu di setiap nilai yang dihasilkan (Tabel 1). Nilai r yang mendekati 1 menunjukkan adanya hubungan yang erat antara konsentrasi yang dihasilkan oleh *Air Kit Flask Sampler* dengan Picarro G2401 (Sari, 2021). Hubungan yang erat tersebut dapat menggambarkan jika performa data yang dihasilkan oleh *Air Kit Flask Sampler* memiliki pola yang hampir sama dengan Picarro G2401. Selain itu, nilai R² yang menjelaskan persentase keakuratan data *Air Kit Flask Sampler* terhadap data Picarro G2401 sebesar 78%. Hal ini menyatakan bahwa performa data *Air Kit Flask Sampler* memiliki keakuratan yang kuat terhadap data Picarro G2401.

4. Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan pembahasan yang sudah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa verifikasi yang dilakukan untuk membandingkan data pengamatan CO₂ yang dihasilkan oleh *Air Kit Flask Sampler* dengan Picarro G2401 menunjukkan performa data yang baik. Hal tersebut ditunjukkan dengan hasil RMSE sebesar 1,16, MAE sebesar 0,83, koefisien korelasi sebesar 0,88, dan koefisien determinasi sebesar 78%. Oleh karena itu, data pengukuran *Air Kit Flask Sampler* dapat digunakan sebagai pengganti data pengukuran Picarro G2401 di periode waktu yang sama yaitu hari Selasa pukul 07.00 UTC atau 14.00 WIB.

Daftar Pustaka

- Chai, T., & Draxler, R. R. (2014). Root mean square error (RMSE) or mean absolute error (MAE)?—Arguments against avoiding RMSE in the literature. *Geoscientific Model Development*, 7(3), 1247–1250.
- Chicco, D., Warrens, M. J., & Jurman, G. (2021). The coefficient of determination R-squared is more informative than SMAPE, MAE, MAPE, MSE and RMSE in regression analysis evaluation. *PeerJ Computer Science*, 7, e623.
- Chin, W. W. (1998). The partial least squares approach to structural equation modeling. *Modern Methods for Business Research*, 295(2), 295–336.
- Denchak, M. (2019). *Greenhouse Effect 101*.
- Nahas, A. C., & Herizal. (2008). Analisis Konsentrasi Gas Rumah Kaca Bukit Kototabang Periode Januari-Maret 2018. *Buletin Pengamatan Atmosfer Global Bukit Kototabang*, 2, 1–11.
- Picarro Inc. (2010). *Picarro G2401 Gas Concentration Analyzer Measure CO, CO₂, CH₄ and H₂O*.
- Safri, A., Hadi, T. W., Hadi, S., & Kasih, B. T. H. (2013). Prediksi hujan bulanan menggunakan adaptive statistical downscaling. *Jurnal Meteorologi Dan Geofisika*, 14(1).
- Sari, B. (2021). *Korelasi, Determinasi, dan Regresi Sederhana*.
- Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang. (2020). *Profil Tentang GAW*.
- Warner, T. (2011). *Numerical Weather and Climate Prediction* (1st ed.). Cambridge University Press.
- Zhou, J., Li, C., Arslan, C. A., Hasanipahan, M., & Bakhshandeh Amnieh, H. (2021). Performance evaluation of hybrid FFA-ANFIS and GA-ANFIS models to predict particle size distribution of a muck-pile after blasting. *Engineering with Computers*, 37(1), 265–274.

IDENTIFIKASI KEADAAN HUJAN TERHADAP KONSENTRASI *BLACK CARBON* YANG TERUKUR DI STASIUN PEMANTAU ATMOSFER GLOBAL BUKIT KOTOTABANG.

Andi Sulistiyono*, Dwiky Pujo Pratama

Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang, Sumatera Barat

Email: sulist_klim@yahoo.com

ABSTRAK

Black Carbon merupakan fraksi dari *Particulate Matter (PM)* sebagai aerosol zat pencemar udara berbentuk padat yang dihasilkan pembakaran tak sempurna karbon yang mana *black carbon* ini mempengaruhi iklim secara langsung dengan menyerap radiasi matahari dan juga radiasi infra red bumi. Keberadaan aerosol zat pencemar di udara ini akan selalu berhubungan dengan dinamika yang terjadi di atmosfer seperti ketebalan *Planetary Boundary Layer* harian dan parameter iklim yang mana salah satunya adalah keadaan hujan. Dengan menggunakan metode korelasi dan analisi grafik terhadap data konsentrasi *Black Carbon* dan data hujan tahun 2019-2020 yang terukur di Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang diketahui bahwa terdapat hubungan nilai konsentrasi *black carbon* terhadap keadaan hujan baik itu secara kumulatif data dasarian maupun bulanan selama tahun 2019-2020. Jumlah hari hujan memberikan hubungan lebih tinggi dari ada nilai curah hujan terhadap konsentrasi *black carbon* yang terukur. Adanya faktor lainnya seperti keadaan angin dan kebakaran hutan menjadikan pengaruh hujan terhadap konsentrasi *black carbon* menjadi tidak begitu jelas kelihatannya.

Kata Kunci : *Black Carbon , Planetary Boundary Layer, Hujan*

1. Pendahuluan

Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang (GAW Bukit Kototabang) adalah salah satu stasiun yang menyelenggarakan pengukuran pada parameter kualitas udara terletak di Sumatera Barat. Dengan tugas dan fungsi tersebut Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang menyelenggarakan pengukuran yang berkaitan langsung dengan parameter kualitas udara baik itu dari padat (aerosol), jenis dan cair.

Black Carbon merupakan salah satu *aerosol* yang berasal dari pembakaran tidak sempurna dari suatu benda/bahan yang terbentuk dari karbon seperti bahan bakar fosil, pembakaran biomassa, dan hasil kegiatan manusia (IPCC, 2007; Bond *dkk.*, 2013). *Black Carbon* merupakan bagian dari *Particulate Matter* (PM), akan tetapi ada beberapa perbedaan dengan PM pada umumnya, *black carbon* merupakan fraksi PM yang berasal dari pembakaran tak sempurna karbon (Torsten Mundt, 2016).

Black Carbon memiliki masa hidup di atmosfer mulai dari beberapa hari sampai beberapa minggu, meskipun *black carbon* memiliki jangka hidup yang pendek akan tetapi *black carbon* dapat mempengaruhi iklim di bumi dengan merubah keseimbangan energi bumi (Rao and Somers, 2000). Seperti yang disampaikan oleh Sunu et al (2011) bahwa konsentrasi *black carbon* dipengaruhi oleh musim, pada saat musim basah konsentrasi *black carbon* cenderung lebih rendah dan tinggi saat musim kering dimana dari hasil penelitiannya dikatakan bahwa konsentrasi rata-rata *black carbon* di Bangkok saat musim kering adalah $4,3 \pm 1,3 \mu\text{g m}^{-3}$ dan saat musim basah sebesar $3,0 \pm 1,2 \mu\text{g m}^{-3}$. Selanjutnya Muhaimin (2017) mengatakan bahwa saat musim hujan, air hujan berfungsi *wash out* yang dapat mengurangi konsentrasi polutan di atmosfer. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Sahu *dkk* (2011) ditemukan bahwa konsentrasi *black carbon* cenderung lebih rendah saat musim hujan dan tinggi saat musim kering.

Deposisi merupakan suatu proses *transport* gas dan partikel yang ada di atmosfer menuju ke permukaan bumi, deposisi menurut prosesnya terbagi menjadi dua yaitu deposisi kering dan basah, proses deposisi dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti meteorologi, fisika, kimia, hidrologi, dan biologi (Pacyna, 2008). Deposisi mempengaruhi konsentrasi polutan di atmosfer hal ini karena saat musim kering deposisi yang lebih banyak terjadi adalah deposisi kering dan saat musim hujan deposisi basah (Muhaimin, 2017). Perubahan konsentrasi terhadap musim tidak hanya dipengaruhi oleh deposisi saja akan tetapi adanya kemungkinan dipengaruhi oleh faktor lain seperti kebakaran hutan yang sering terjadi saat musim kering (Sahu *et al.*, 2011).

Dari sumber referensi di atas diketahui bahwa salah satu sifat hujan terhadap aerosol adalah kemampuannya untuk membersihkan udara. Topik inilah yang akan dicoba analisis untuk mengetahui pengaruh adanya hujan terhadap konsentrasi *black carbon* yang terukur di Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang. Selain dari itu akan dicoba untuk mengetahui profil keadaan konsentrasi *black carbon* secara diurnal dan bulanan sehingga akan diketahui waktu-waktu konsentrasi tinggi dan rendah secara harian dan bulanan selama tahun 2019 dan 2020. Adanya faktor lain yang terjadi pada tahun 2019 seperti kabut asap akan disertakan untuk menambah wawasan pengaruhnya terhadap konsentrasi *black carbon* saat itu.

2. Metode Penulisan

Data utama yang digunakan adalah data konsentrasi *black carbon* dan hujan Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang selama tahun 2019 dan 2020. Data konsentrasi *black carbon* diambil dari alat Aethalometer yang merupakan bagian dari *Capacity Building and Twinning for Climate Observing Systems* (CATCOS). Untuk data hujan diambil dari penakar curah hujan OBS yang berada di taman alat Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang. Data *black carbon* yang digunakan adalah data diurnal (tiap jam) dan data hujan berasal dari laporan bulanan Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang. Informasi data hujan yang digunakan meliputi data curah hujan dan kejadian hujan (hari hujan).

Pengolahan dasar data *black carbon* dan hujan dilakukan secara diurnal, dasarian dan bulanan selama rentang waktu dari tahun 2019 dan 2020. Analisis akan disajikan dengan menggunakan grafik dari parameter konsentrasi *black carbon* dan data hujan dalam sebaran nilai dasarian dan bulanan.

Pengaruh konsentrasi *black carbon* akan dianalisis terhadap parameter jumlah curah hujan dan hari hujan berdasar nilai dasarian dan bulanan. Selanjutnya untuk mengetahui pengaruh parameter yang digunakan akan dilakukan analisis hubungan (korelasi) antara hujan terhadap konsentrasi *black carbon*. Perhitungan korelasi dilakukan antara konsentrasi *black carbon* dan data hujan dalam rentang waktu dasarian dan bulanan Berikut adalah rumus korelasi yang digunakan

$$r = \frac{\sum(x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x - \bar{x})^2} \sqrt{\sum(y - \bar{y})^2}}$$

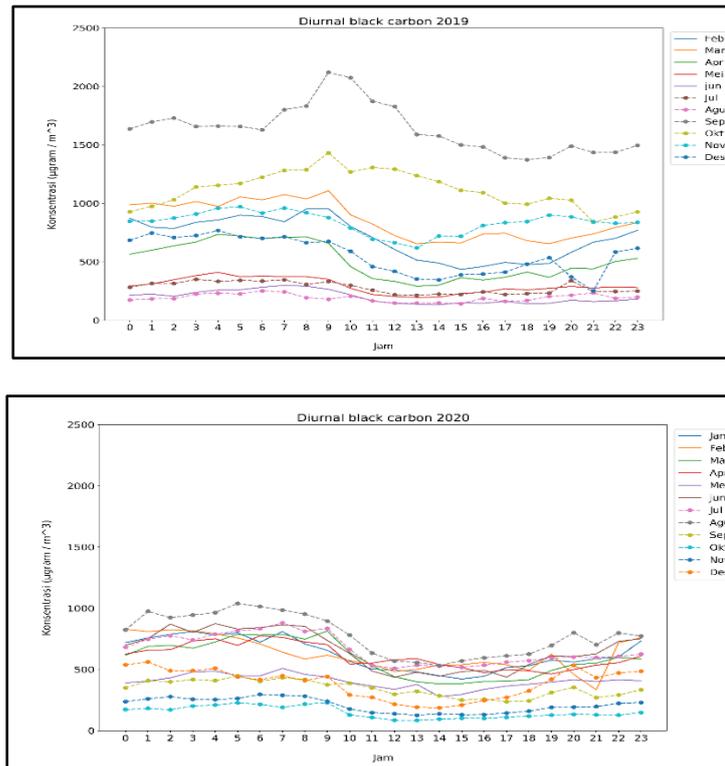
Untuk melengkapi faktor pengaruh lain, akan dilakukan analisis terhadap faktor kebakaran hutan dengan menggunakan data *hotspot* pada saat kejadian kebakaran hutan tahun 2019 di wilayah Sumatera. Data titik panas yang dipakai adalah data titik panas bulan September dan Oktober tahun 2019 untuk 4 provinsi di pulau Sumatera yaitu Riau, Jambi, Sumatera Selatan, dan Lampung

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Variansi Konsentrasi Black Carbon

3.1.1 Variansi Diurnal

Konsentrasi *black carbon* bervariasi terhadap waktu termasuk adanya perbedaan pada siang dan malam hari. Hal ini dapat diperhatikan dari sebaran konsentrasi diurnal *black carbon* seperti yang ditampilkan pada grafik di bawah ini.



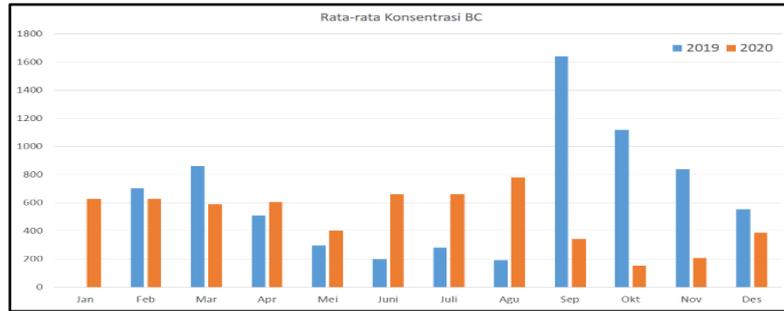
Gambar 1. Konsentrasi rata-rata diurnal *black carbon* per bulan (A) 2019, dan (B) 2020

Dari grafik diurnal *black carbon* pada gambar 4.1 terlihat bahwa konsentrasi *black carbon* bervariasi dan pola secara umum terjadi kenaikan konsentrasi pada saat pagi dan menurun konsentrasi pada saat siang hari. Kenaikan konsentrasi terjadi sekitar jam 20.00 wib hingga jam 08.00 wib hari berikutnya, sedangkan penurunan konsentrasi terjadi mulai jam 09.00 - 18.00 wib. Kondisi ini erat hubungannya dengan *Planetary Boundary Layer* (PBL) yang mana diambil dari Sulistiyono (2022) bahwa pada siang hari, terjadi pemanasan secara terus menerus dan pencampuran termal, sehingga ketebalan *Planetary Boundary Layer* (PBL) meningkat sepanjang hari dan akan mencapai ketebalan maksimum ketika sore hari yang besarnya dapat mencapai $\pm 0.2-5$ km. Senada oleh Quan dkk., 2013 yang menyatakan bahwa ketinggian lapisan batas (LBA) mencapai nilai rendah dan konstan pada tengah malam dan akan meningkat secara drastis mencapai ketinggian tertinggi di siang hari.

Soedomo (2001) menyatakan bahwa kondisi atmosfer sangat dinamik yang secara alami mampu melakukan dispersi, dilusi, difusi, dan transformasi baik melalui proses fisika maupun kimia serta mekanisme kinetik atmosfer terhadap zat-zat pencemar. Memperhatikan grafik di atas dan mengacu dari pernyataan ini maka terlihat bahwa pola diurnal sangat dipengaruhi erat dengan stabilitas atmosfer oleh ketinggian LBA. Pada waktu kondisi normal, konsentrasi *black carbon* tinggi pada malam sampai pagi dan akan menurun setelah jam 6 pagi lalu mencapai titik terendah di siang hari dan akan meningkat cepat setelah jam 6 sore, pola ini sesuai dengan pola ketinggian dari LBA.

3.1.2. Variasi Bulanan

Konsentrasi *black carbon* bervariasi secara bulanan dimana ada beberapa bulan yang memiliki kecenderungan konsentrasi tinggi dan pada periode bulan tertentu mempunyai konsentrasi yang lebih rendah.



Gambar 2. Grafik rata-rata *black carbon* bulanan untuk tahun 2019 dan 2020

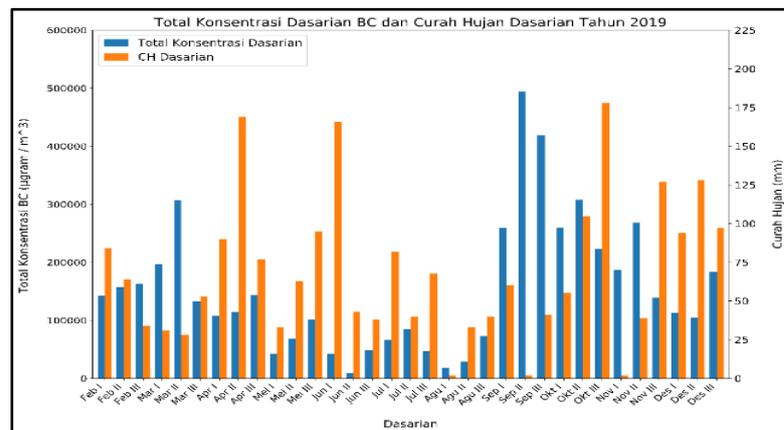
Gambar 4.3. merupakan grafik rata-rata *black carbon* bulanan tahun 2019 dan 2020 dapat terlihat bahwa di tahun 2020 konsentrasi cenderung lebih rendah dibandingkan tahun 2019. Untuk keadaan konsentrasi perbulan terlihat pada tahun 2020 nilai konsentrasi *black carbon* tinggi terjadi pada bulan Juni - Agustus, sedangkan pada bulan September - Desember terlihat bahwa tahun 2019 lebih besar dari konsentrasi tahun 2020.

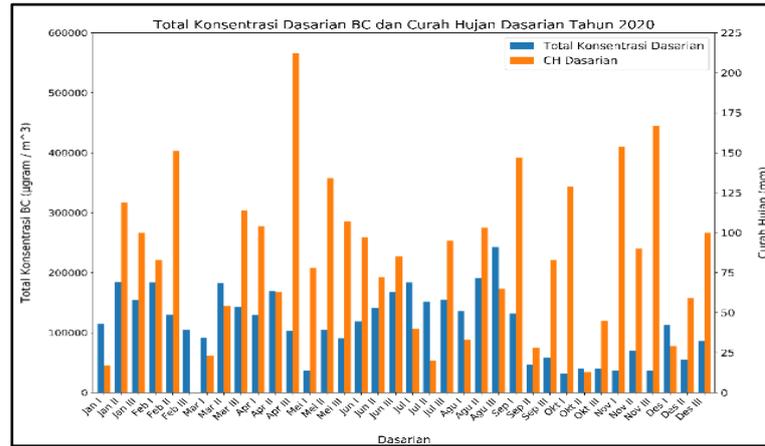
Perbedaan konsentrasi tiap bulan pada keadaan normal ada kemungkinan diakibatkan oleh adanya peningkatan pembakaran biomasa dan adanya pengaruh dari arah angin yang dapat membawa *black carbon* dari tempat lain. Terpantau dari satelit hotspot lahan bahwa pada Maret 2019 terpantau terjadi kebakaran hutan berlangsung selama sekitar 2 minggu sehingga hal ini berimbas pada kenaikan konsentrasi *black carbon* dari bulan sebelumnya yang terukur di Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang.

3.2. Pengaruh Hujan Terhadap Konsentrasi Black Carbon

Black carbon adalah partikulat yang secara umum dapat dipengaruhi oleh hujan di mana *black carbon* bisa terbawa dan tersapu oleh air hujan. Jumlah hari hujan dan curah hujan ini secara umum mempengaruhi nilai konsentrasi *black carbon* yang terukur.

3.2.1 Pengaruh Curah Hujan Terhadap Konsentrasi Black Carbon

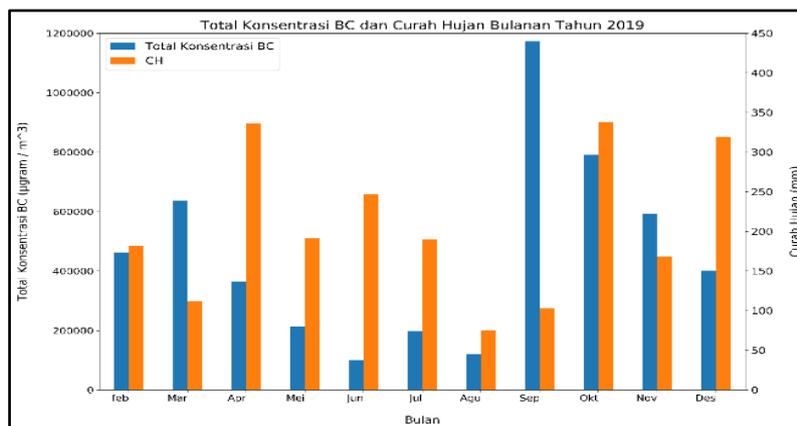


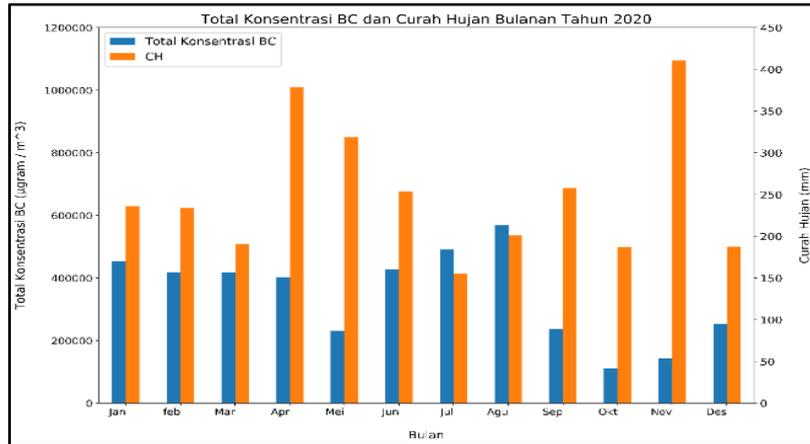


Gambar 3. Grafik total konsentrasi dasarian *black carbon* dan curah hujan dasarian, (A) 2019, dan (B) 2020

Pada Gambar 4.4 adalah grafik total konsentrasi *black carbon* dan curah hujan secara dasarian tahun 2019 dan 2020. Pengaruh curah hujan dasarian tahun 2019 terhadap konsentrasi *black carbon* dapat dilihat di grafik pada beberapa periode waktu seperti dasarian Mei I – Juli III, Feb III – April III serta di Nov I - Des III. Pada periode waktu tersebut tampak bahwa peningkatan curah hujan dasarian akan menjadikan penurunan pada konsentarsi *black carbon* dan begitu juga sebaliknya. Hal yang sama juga terjadi pada grafik tahun 2020 seperti pada periode dasarian (April III - Juni I) dan saat curah hujan dasarian rendah maka akan terjadi peningkatan konsentrasi *black carbon* (Juni II - Agustus III). Hal yang sama juga terjadi pada periode Nov I - Des III yang mana hubungan konsentrasi dan curah hujan dasarian berlaku hubungan berkebalikan

Selanjutnya pada periode bulanan variasi hujan terhadap konsentrasi *black carbon* dapat dilihat pada gambar 4.5.



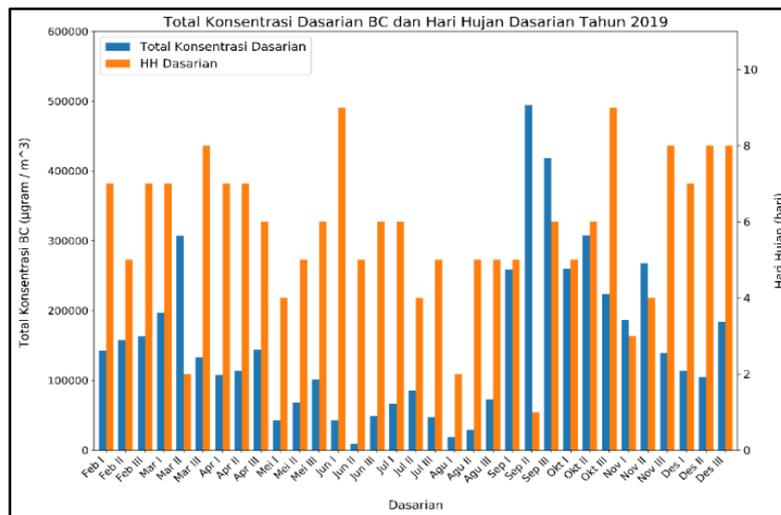


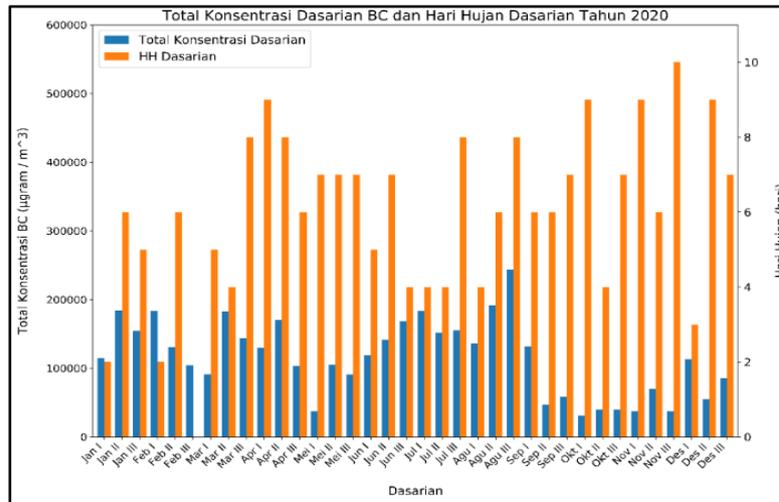
Gambar 4. Grafik total konsentrasi black karbon bulanan dan curah hujan bulanan,
 (A) 2019, dan (B) 2020

Dari gambar 4.5 terlihat bahwa konsentrasi *black carbon* memiliki keterkaitan dengan curah hujan untuk tahun 2019 dan 2020. Kenaikan jumlah curah hujan akan diiringi dengan adanya penurunan konsentrasi *black carbon* yang terukur. Tetapi untuk bulan juli dan Agustus 2020 besarnya perbedaan konsentrasi dan curah hujan pada bulan tersebut tidak begitu mencolok walaupun dari keadaannya mempunyai hubungan yang saling kebalikan.

3.2.2 Pengaruh Hari Hujan terhadap Konsentrasi Black Carbon

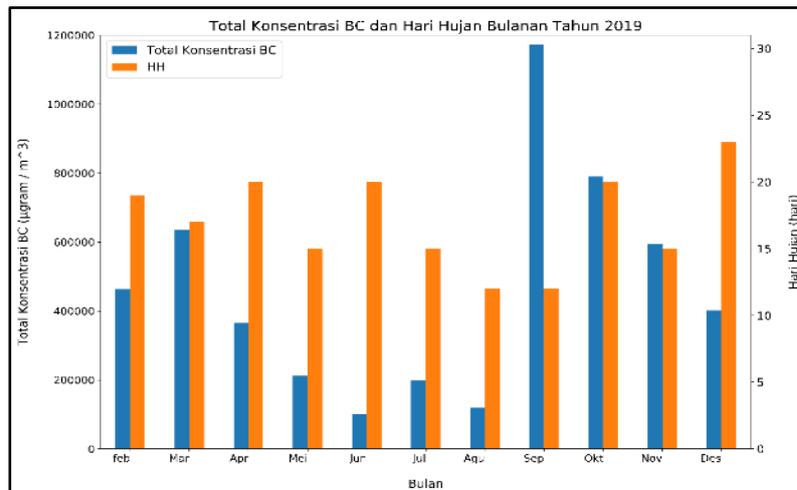
Kejadian hari hujan pada suatu rentang waktu tertentu disinyalir dapat mempengaruhi konsentrasi *black carbon* yang terukur.

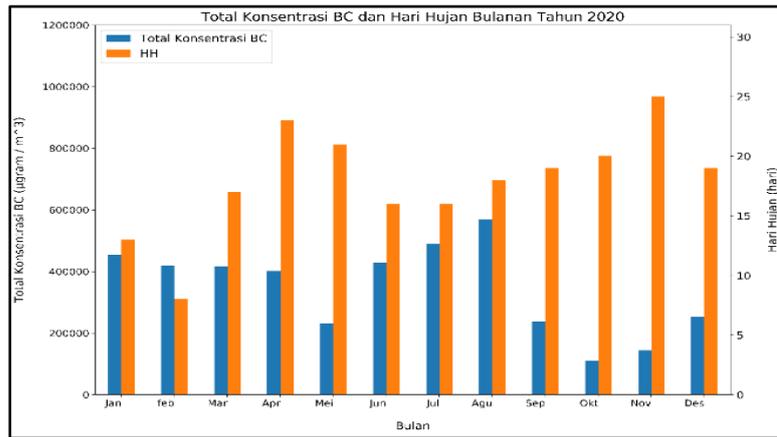




Gambar 5. Grafik total konsentrasi dasarian *black carbon* dan hari hujan dasarian, (A) 2019, dan (B) 2020

Secara umum terlihat bahwa jumlah hari hujan dasarian mempunyai sifat keterbalikan terhadap total konsentrasi *black carbon* dasarian. Dibeberapa dasarian tidak terlihat atau bahkan saling beriringan, untuk tahun 2019 khususnya bulan September s/d Oktober pengaruh hari hujan tidak terlalu terlihat sehingga perlu adanya analisis faktor lain yang akan membantu menjelaskan pada keadaan tahun 2019 tersebut.





Gambar 6. Grafik total konsentrasi bulanan *black carbon* dan hari hujan bulanan, (A) 2019, dan (B) 2020

Pada gambar 4.7 (A) pengaruh jumlah hari hujan bulanan terhadap total konsentrasi terlihat pada bulan April - Juli dan Desember, sedangkan saat bulan September nilai konsentrasi mencapai nilai tertinggi dan hari hujan rendah. Untuk tahun 2020 yang ditunjukkan pada gambar 4.7 (B) terlihat bahwa di beberapa bulan seperti di bulan Juni, Juli, dan Desember saat terjadi penurunan jumlah hari hujan bulanan akan diikuti dengan adanya kenaikan konsentrasi total bulanan *black carbon*. Dari analisis di atas terlihat perbedaan yang cukup jelas di mana pada tahun 2019 konsentrasi *black carbon* tertinggi terjadi saat bulan September-Desember dan terendah pada bulan Mei-Agustus sedangkan di tahun 2020 konsentrasi *black carbon* tertinggi terjadi saat bulan Agustus dan penurunan terjadi mulai bulan September – Desember.

Dari grafik curah hujan dan hari hujan terhadap konsentrasi *black carbon* diketahui bahwa saat musim kering (hari dan curah hujan rendah) terjadi peningkatan konsentrasi *black carbon* dan akan berkurang saat musim basah (hari dan curah hujan tinggi). Menurut Mari X et al (2019) menyebutkan bahwa saat terjadi hujan dengan intensitas besar terjadi maka konsentrasi *black carbon* akan menurun secara drastis dan hujan kecil juga mempengaruhi walaupun tidak besar, akan tetapi saat hujan sudah selesai maka konsentrasi *black carbon* akan kembali meningkat.

3.3. Hubungan Konsentrasi Black Carbon dan Hujan

Untuk melihat nilai yang menggambarkan besarnya hubungan antara konsentrasi dengan hujan maka digunakan analisis korelasi.

Tabel 1. Tabel korelasi konsentrasi *black carbon* dasarian dan hujan dasarian

Tahun	Korelasi <i>Black Carbon</i> dan Hujan	
	Total <i>Black Carbon</i> Dasarian	
	Curah Hujan	Hari Hujan
2019	-0.154	-0.243
2020	-0.083	-0.337

Tabel 2. Tabel korelasi konsentrasi *black carbon* bulanan dan hujan bulanan

Tahun	Korelasi Bulanan <i>Black Carbon</i> dan Hujan Bulanan	
	Curah Hujan	Hari Hujan
2019	-0,108	-0,157
2020	-0,348	-0,546

Dari tabel 4.3 dan 4.4 dapat terlihat bahwa hubungan konsentrasi bulanan *black carbon* dan hujan memiliki nilai korelasi negatif. Untuk korelasi curah hujan baik tahun 2019 dan 2020 memiliki korelasi yang lebih rendah dibandingkan dengan hari hujan. Maka dari itu dapat dikatakan bahwa hari hujan lebih mempengaruhi konsentrasi *black carbon* dari pada curah hujan dalam rentang dasarian. Tingginya variabilitas curah hujan dasarian menjadikan hubungan hujan secara dasarian tidak begitu jelas terhadap konsentrasi *black carbon* tetapi pendekatan dari jumlah hari hujan lebih memberikan gambaran hubungan terhadap konsentrasi *black carbon* .

3.4 Faktor Lain yang Mempengaruhi Konsentrasi

Faktor lainnya yang akan dicoba dilihat adalah keadaan dari *hotspot* yang terjadi di sekitar Propinsi Sumatera Barat berdasarkan data satelit Lapan pada tahun 2019.

Tabel 3 Tabel jumlah *hotspot* bulan September dan Oktober tahun 2019 di 4 provinsi

Tempat	Jumlah Hotspot	
	September	Oktober
Jambi	2705	522
Riau	1055	25
Sumatera Selatan	1507	1314
Lampung	100	236

Mengulas Kembali dari analisis konsentrasi *black carbon* terhadap keadaan hujan selama tahun 2019 bahwa dari sebaran nilai konsentrasi diketahui terjadi kenaikan konsentrasi yang sangat tinggi pada bulan September dan Oktober tahun 2019. Setelah dilakukan analisis kejadian selama tahun 2019 diketahui bahwa nilai *black carbon* yang tinggi terjadi pada bulan September dan Oktober ini dipengaruhi oleh adanya kebakaran hutan di tahun 2019. Hal ini dapat diketahui dari jumlah *hotspot* dan keadaan angin dominan pada saat itu.

4. Kesimpulan

Pada skala diurnal jumlah konsentrasi *black carbon* terukur sangat dipengaruhi oleh kondisi dari ketebalan *Planetary Boundary Layer* yang mana pada saat malam hari PBL yang rendah, aerosol cenderung akan bergerak turun (karena gaya gravitasi) dan ruang pencampuran partikel gas dengan aerosol lebih rendah sehingga konsentrasinya meningkat sedangkan pada siang hari dimana PBL yang tinggi menjadikan pencampuran partikel gas dengan aerosol menempati ruang volume yang lebih besar sehingga konsentrasi yang terukur lebih rendah.

Fungsi hujan adalah sebagai pencuci / membersihkan atmosfer terhadap zat pencemar khususnya berupa padatan seperti aerosol (*black carbon*) dan hal juga ini tampak dari nilai korelasi negatif terhadap konsentrasi *black carbon*. Pengaruh jumlah hari hujan lebih besar memberikan efek terhadap pencucian atmosfer dari aerosol zat pencemar yang mana ini sejalan dengan yang ditunjukkan pada hasil penghitungan nilai korelasi. Untuk tahun 2019 diketahui bahwa adanya kabut asap pada tahun 2019 menjadikan pengaruh keadaan hujan saat itu tidak begitu kelihatan terhadap jumlah konsentrasi *black carbon* yang terukur.

Daftar Pustaka

- Agustina, L., Simanjuntak, P. P., & Khoir, A. N. (2019). Pengaruh Parameter Meteorologi Terhadap Konsentrasi CO₂ Dan CH₄ Di Dki Jakarta. *Jurnal Meteorologi Klimatologi dan Geofisika*, 6(2), 30–38.
- Climate & Clean Air Coalition. (n.d). *Black Carbon* . Retrieved from <https://www.ccacoalition.org/en/slcps/black-carbon>.
- Chang, C. P., et al. (2005). Annual Cycle of Southeast Asia — Maritime Continent Rainfall and the Asymmetric. *Journal of Climate*, 18, 287–301.
- Garland, C., et al. 2017. Black Carbon cookstove emissions: A field assessment of 19 stove/fuel combinations. *Atmospheric Environment*, 169, 140–149.
- Grewe, V., Matthes, S., & Dahlmann, K. (2019). The contribution of aviation NO_x emissions to climate change: are we ignoring methodological flaws?. *Environmental Research Letters*, 14(12), 14–18.
- Mari, X., et al. (2019). Biogeochemical impacts of a Black Carbon wet deposition event in Halong Bay, Vietnam. *Frontiers in Marine Science*, 6(APR), 1–18.
- Muhaimin. 2017. Air Pollution Simulation based on different seasons. *Journal of Physics: Conference Series*, 795(012072), 012072.
- Pacyna, J. M. (2008). *Atmospheric Deposition*, in Jørgensen, S. E. and Fath, B. D. B. T.-E. of E. (eds). Oxford: Academic Press.
- Purwanto, A. (2020). *Provinsi Sumatera Barat, Provinsi Sumatera Barat*. Retrieved from <https://kompaspedia.kompas.id/baca/profil/daerah/provinsi-sumatera-barat>.
- Quan, J., et al. (2013). Evolution of planetary boundary layer under different weather conditions, and its impact on aerosol concentrations. *Particuology*, 11(1), 34–40.
- Rahayu, N. D., Sasmito, B., & Bashit, N. (2018). Analisis Pengaruh Fenomena Indian Ocean Dipole (Iod) Terhadap Curah Hujan Di Pulau Jawa. *Jurnal Geodesi Undip*, 7(1), 57–67.
- Soedomo, M. (2001), *Pencemaran Udara (Kumpulan Karya Ilmiah)*, Bandung : ITB.
- Siva Raju, S., & Ahire, K. (2018). Air Pollution and Climate Change. *Springer Climate*, 289–308.
- Sulistiyono, A., & Davi, R.S. (2022). Uji Spesifikasi Pengukuran PM₁₀ Dengan EPAM5000 dan BAM 1020 Terhadap Kelembaban Udara. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 20(2), 242-251. Doi :10.14710/jil.20.0.242-251
- Suryanti, K., et al. (2020). Analisis Variasi Diurnal Curah Hujan di Sumatera Barat Menggunakan Data Rain Gauge dan IMERG. *Positron*, 10(2), 1.
- Takemura, T., and Suzuki, K. (2019) .Weak global warming mitigation by reducing Black Carbon emissions. *Scientific Reports*, 9(1), 1–6.

VARIASI KONSENTRASI *BLACK CARBON* DI BUKIT KOTOTABANG DAN HUBUNGANNYA DENGAN FAKTOR – FAKTOR METEOROLOGI TAHUN 2013 – 2021

Quartha Rivaldo*, Fajri Zulqino dan Soni Miftah Pratama

Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang, Sumatera Barat

Email: quartharivaldo@gmail.com

ABSTRAK

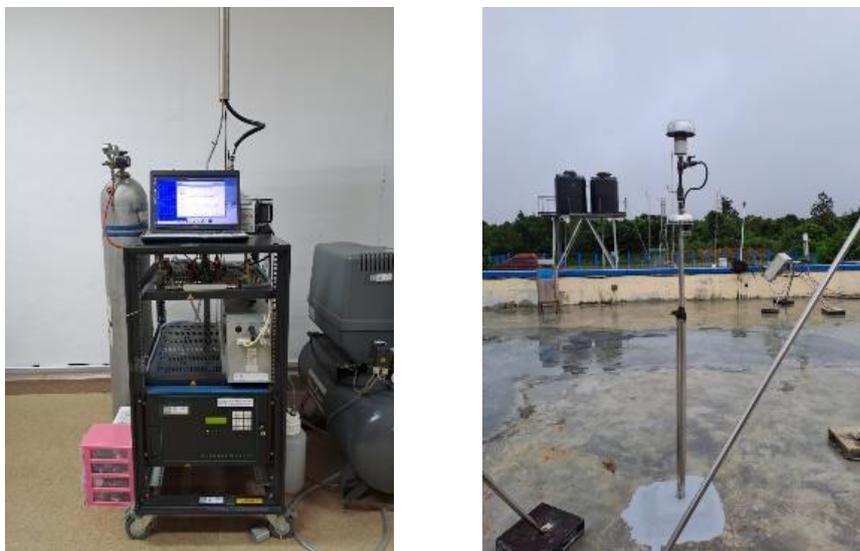
Black Carbon merupakan jenis polutan yang ikut berperan dalam terjadinya pemanasan global, hal ini dikarenakan kemampuannya yang mampu menyerap panas dan menyimpannya di udara. Pengukuran *black carbon* telah dilakukan oleh Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang guna memonitor kadar polutan tersebut di udara dengan resolusi waktu hingga menit. Data tersebut kemudian dikelompokkan menjadi data tahunan, data bulanan dan weekday-weekend untuk melihat distribusi temporal pada masing – masing kategori tersebut. Analisis statistika sederhana juga digunakan dalam penelitian ini untuk melihat hubungan antara *black carbon* dengan PM_{10} dan faktor - faktor meteorologi yang meliputi curah hujan, suhu udara, kelembapan, dan tekanan. Hasil penelitian menyatakan terjadi fluktuasi pada nilai konsentrasi tahunan dan bulanan dengan nilai tertinggi terjadi ketika kebakaran hutan di Riau melanda. Analisis weekday-weekend yang dipisahkan tidak memperlihatkan adanya perbedaan yang signifikan sehingga analisis kegiatan masyarakat dapat diminimalkan dalam analisis variasi *black carbon* ini. Koefisien korelasi menunjukkan hubungan yang kuat antara *black carbon* dan PM_{10} dengan nilai korelasi sebesar 0.9 dan korelasi lemah – sedang dengan faktor – faktor meteorologi. Rasio antara *black carbon* dengan PM_{10} berkisar 1.02%- 3.53% yang menandakan *black carbon* memiliki proporsi yang kecil didalam kandungan PM_{10} di Bukit Kototabang

Kata Kunci: *Black Carbon*, PM_{10} , Meteorologi

1. Pendahuluan

Black Carbon (BC) merupakan jenis polutan berupa jelaga hitam halus yang berasal dari emisi gas dan mesin diesel, pembangkit listrik tenaga batu bara, dan sumber lainnya yang merupakan sumber bahan bakar fosil (US. *Environmental Protection Agency*). Polutan ini memiliki dampak global terhadap masalah lingkungan baik masalah kesehatan maupun iklim. Polutan *black carbon* yang terhirup oleh manusia mampu menimbulkan beberapa penyakit seperti penyakit pernapasan, kardiovaskular, kanker, bahkan cacat lahir. Bagi iklim, *black carbon* dapat berkontribusi terhadap terjadinya perubahan iklim. Hal ini terjadi karena kemampuan *black carbon* dalam menyerap panas. Sebagai contohnya adalah ketika udara menghangat karena adanya *black carbon*, akan mengakibatkan perubahan pola pembentukan awan dan hujan sehingga dapat lebih cepat terjadi. Selain kesehatan dan iklim, *black carbon* juga memiliki peran dalam mempercepat oksidasi SO_2 dalam larutan dan diyakini dapat menyebabkan peningkatan produksi aerosol asam (Magee Scientific Company). Selain itu *black carbon* yang menempel di salju dapat meningkatkan penyerapan panas dari radiasi matahari terhadap salju tersebut yang berdampak kepada peningkatan kecepatan mencairnya salju.

Pemantauan *black carbon* telah dilakukan di beberapa daerah guna mengetahui dampaknya terhadap iklim. Salah satunya dilakukan oleh Stasiun Pemantau Atmosfer global Bukit Kototabang (Gambar 1).



Gambar 1. Instrumen Aethalometer, sampling sistem dan inletnya di Bukit Kototabang

Instrumen ini bekerja dengan menyedot sampel melalui inlet menggunakan sebuah pompa. Inlet dipasang di *rooftop* bangunan agar mendapatkan sampel yang mewakili udara sekitar lingkungan. Instrumen ini memanfaatkan sebuah *multi-wavelength aethalometer* yang dapat mengukur koefisien hamburan cahaya dan serapan sinaran aerosol pada tujuh panjang

gelombang yang berbeda. Prinsip pengukuran ini didasarkan pada laju perubahan transmisi melalui filter saat partikel mengendap di filter.

Pemantauan yang telah dilakukan menghasilkan data *black carbon* yang bervariasi. Variasi data tersebut dapat disebabkan oleh berbagai macam hal seperti cuaca maupun kejadian ekstrem seperti kebakaran hutan sehingga pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana distribusi dan variasi polutan *black carbon* tersebut secara temporal serta bertujuan untuk mengetahui hubungannya dengan faktor – faktor meteorologi di Bukit Kototabang.

2. Data dan Metode

Wilayah penelitian yang diambil pada tulisan ini adalah Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang (Gambar 2) yang terletak di sebuah bukit dengan ketinggian 864.5m dpl. Lokasi ini berada pada titik koordinat $0^{\circ}12'0''\text{LS}$ dan $100^{\circ}19'19''\text{BT}$ dan dikelilingi oleh beberapa bukit dengan vegetasi berupa hutan tropis. Dalam segi kepadatan penduduk, lokasi ini berada jauh dari pemukiman sehingga tidak banyak terdapat aktifitas masyarakat.



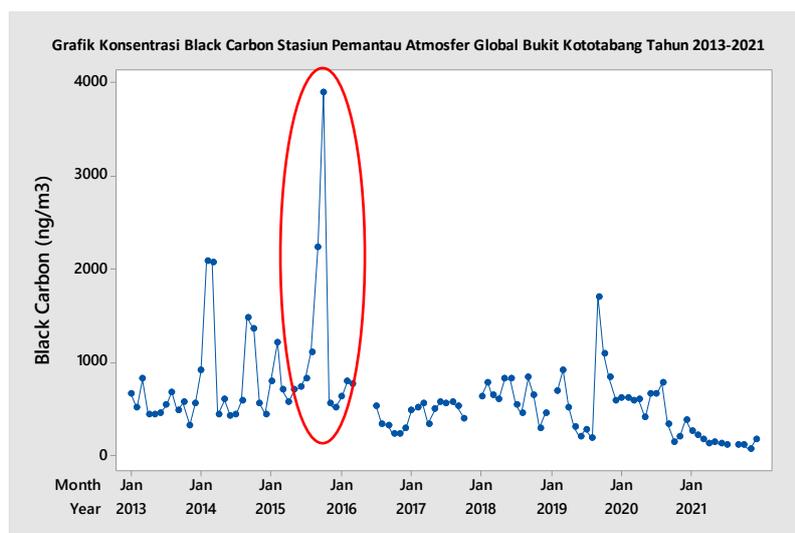
Gambar 2. Lokasi penelitian

Data utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah data *black carbon* pada tahun 2013 – 2021 yang diukur secara kontinu menggunakan instrumen Aethalometer yang mengeluarkan data dengan resolusi waktu setiap menit dengan satuan ng/m^3 (nanogram / Meter kubik). Konsentrasi *black carbon* tersebut kemudian dirubah menjadi $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (mikrogram/meter kubik) guna mempermudah proses analisis. Data selanjutnya yang digunakan adalah data PM_{10} yang diukur menggunakan instrumen BAM1020 yang bekerja menggunakan prinsip pelemahan partikel beta melewati padatan yang terkumpul dalam pita filter. Data luaran instrument berupa nilai konsentrasi PM_{10} setiap 1 jam dengan satuan $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (mikrogram/meter kubik). Data lainnya berupa nilai unsur – unsur meteorologi yang didapatkan melalui form FKLIM71. Data tersebut meliputi curah hujan, suhu udara, kelembapan udara, dan tekanan yang kemudian diolah menjadi nilai rata – rata bulanan.

Penelitian ini menggunakan pendekatan analisa statistika sederhana dengan mengelompokkan data menjadi tiga kategori, yaitu tahunan, bulanan dan *weekday-weekend* guna mengetahui variasi temporal pada masing – masing kategori tersebut. Koefisien korelasi digunakan untuk mengetahui hubungan antara polutan *black carbon* dengan data PM₁₀, curah hujan, suhu udara, kelembapan udara dan tekanan udara.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil pengolahan diawali dengan melakukan analisa distribusi secara *time series* dari Januari 2013 hingga Desember 2021 seperti yang terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Time Series konsentrasi Black Carbon tahun 2013- 2021

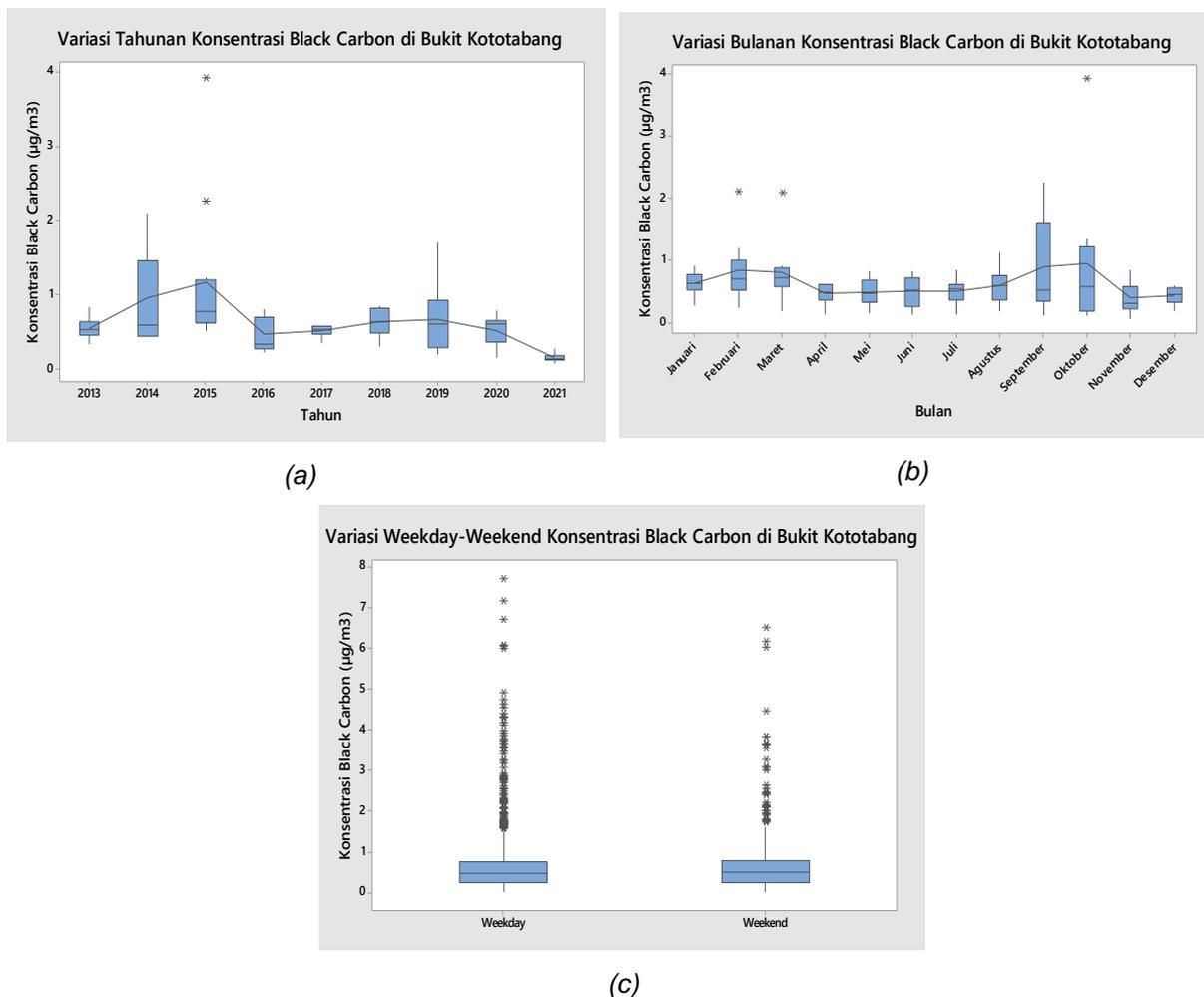
Tabel 1. Trendline Black Carbon

Konsentrasi Tertinggi	3.9 ng/m ³ (Oktober 2015)
Konsentrasi Terendah	0.01 ng/m ³ (November 2021)
Trend	Negatif
Persamaan Linier	$y = -0.0052x + 0.9134$

Pengukuran *black carbon* di Bukit Kototabang menghasilkan data yang berada pada rentang 0.1 – 3.9 ng/m³. Konsentrasi puncak terjadi pada bulan September – Oktober 2015. Pada periode tersebut terjadi kebakaran hutan tertinggi selama beberapa tahun belakangan di beberapa wilayah di dekat Sumatera barat. Berdasarkan garis *trendline* yang bernilai negatif, konsentrasi *black carbon* mengalami penurunan. Penurunan ini sejalan dengan turunnya kejadian kebakaran hutan di sekitar wilayah Sumatera Barat (Prediksi dan Pencegahan Kebakaran Hutan dan Lahan Tahun 2022).

3.1. Analisis Variasi Konsentrasi Black Carbon

Variasi konsentrasi *black carbon* tahunan, bulanan, dan *weekday-weekend* ditunjukkan dalam bentuk *boxplot* pada Gambar 4. Penyajian menggunakan *boxplot* bertujuan agar tidak hanya dapat melihat rata – rata data tetapi juga dapat melihat varian data, kemiripan data, pencilan dan sebagainya.



Gambar 4. (a) Grafik variasi tahunan *black carbon*, (b) Grafik variasi Bulanan *black carbon*, (c) Grafik variasi weekday-weekend *black carbon*

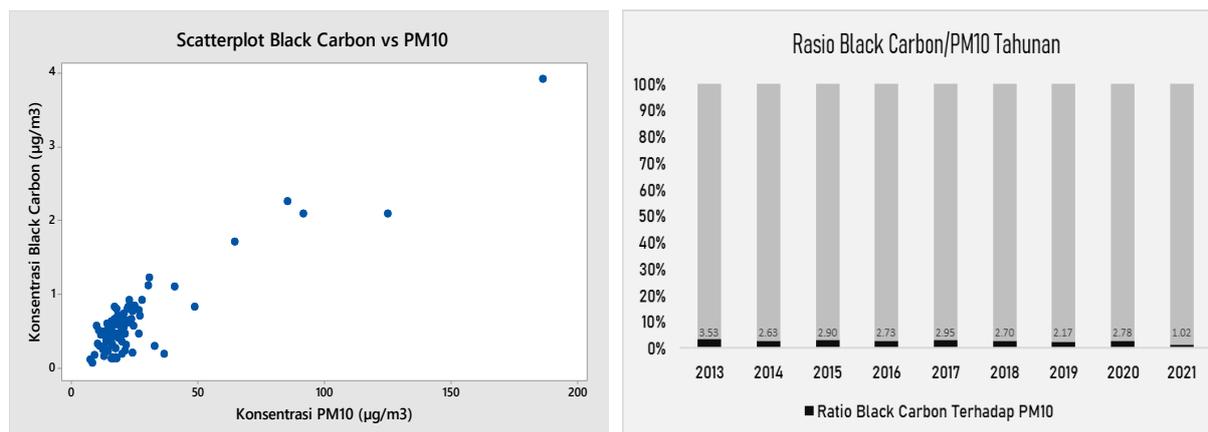
Gambar 4(a) menyajikan konsentrasi rata – rata tahunan *black carbon*. Gambar tersebut menunjukkan terjadinya peningkatan rata – rata konsentrasi pada tahun 2014 dan 2015. Fluktuasi grafik tahunan ini dapat dikaitkan dengan kejadian kebakaran hutan beberapa provinsi di Indonesia dimana pada tahun yang sama yaitu 2014 dan 2015 merupakan kejadian kebakaran hutan terbesar di Provinsi Riau dan sekitarnya. Tahun 2015 menjadi tahun dengan rata – rata konsentrasi tertinggi diantara tahun – tahun lainnya. Terjadinya peningkatan rata – rata konsentrasi pada tahun tersebut dipengaruhi oleh dua bulan dengan nilai ekstrem yaitu pada bulan September 2015 dan Oktober 2015 dengan nilai berturut – turut sebesar $2.25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan $3.91 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Konsentrasi rata – rata terendah terjadi pada tahun 2021, hal ini sejalan dengan kejadian kebakaran hutan di Provinsi Riau yang mampu di tekan turun hingga 8.791 ha dan menjadi kejadian kebakaran hutan terkecil daripada tahun tahun sebelumnya (Prediksi dan Pencegahan Kebakaran Hutan dan Lahan Tahun 2022).

Gambar 4(b) menunjukkan adanya peningkatan rata – rata konsentrasi *black carbon* yang terlihat jelas pada bulan September dan Oktober. Kedua bulan ini juga memiliki range / variasi konsentrasi yang lebih besar dibanding bulan lainnya. Tingginya rata – rata pada bulan tersebut terjadi karena ada peningkatan yang cukup tinggi pada bulan tersebut di tahun 2014, 2015 dan 2019.

Gambar 4(c) menunjukkan perbedaan konsentrasi saat *weekday* dan *weekend* tidak terlalu jelas karena berada pada range yang sama. Hal ini dapat dikaitkan dengan lokasi penelitian yang jauh berada dari pemukiman masyarakat sehingga tidak terpengaruh dengan aktivitas diwaktu *weekday* dan *weekend*.

3.2. Analisis Hubungan Polutan Black Carbon dengan PM₁₀

Hubungan antara polutan *black carbon* dengan PM₁₀ didapatkan dengan menentukan koefisien korelasi kedua data tersebut seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.

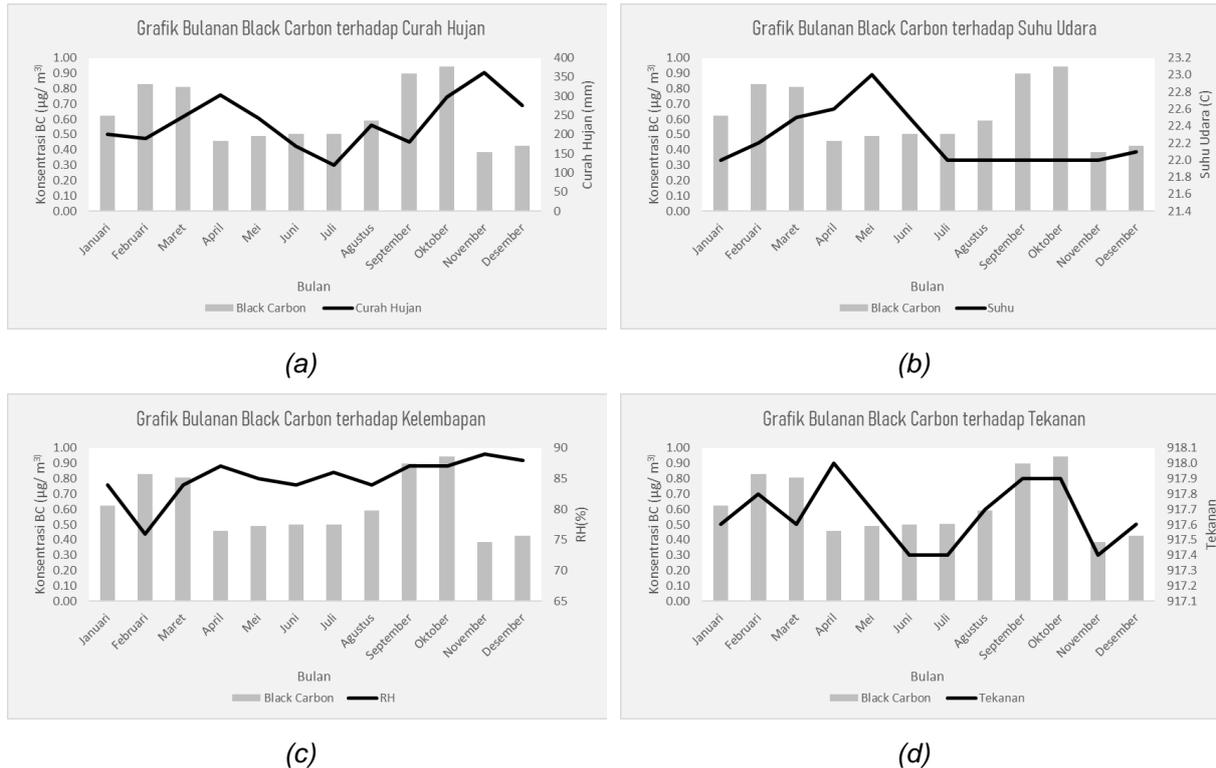


Gambar 5. (a) Scatter Plot Black Carbon vs PM₁₀, (b) Rasio Black Carbon/PM₁₀ tahunan

Korelasi antara polutan *black carbon* dengan PM₁₀ pada Gambar 2(a) mencapai angka 0.9 yang menandakan hubungan keduanya signifikan dan berkorelasi positif. Gambar 2(b) menunjukkan variasi rasio antara polutan *black carbon* dengan PM₁₀ berada pada rentang 1.02% hingga 3.53%. Angka tersebut menunjukkan polutan *black carbon* bukan merupakan kandungan emisi dengan proporsi terbesar yang ada pada PM₁₀ ketika penelitian tersebut.

3.3. Analisis Hubungan Polutan Black Carbon dengan Faktor – Faktor Meteorologi

Korelasi antara polutan *black carbon* dengan faktor – faktor meteorologi di Bukit Kototabang pada tahun 2013 – 2021 tidak terlalu signifikan. Hal ini dapat dilihat dari koefisien korelasi cukup rendah antara keduanya. *Black carbon* memiliki nilai korelasi sebesar -0.21 dengan curah hujan, -0.24 dengan suhu udara, -3.7 dengan kelembapan udara dan 0.53 dengan tekanan udara. Penelitian yang dilakukan oleh Yang Li dkk (2015) juga mendapatkan korelasi positif antara polutan dengan tekanan udara, serta negatif terhadap faktor meteorologi lainnya. Adapun distribusi nilai tiap parameternya dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. (a) Grafik bulanan BC terhadap curah hujan, (b) Grafik Bulanan BC terhadap suhu udara, (c) Grafik Bulanan BC terhadap Kelembapan, dan (d) Grafik bulanan BC terhadap tekanan udara

Gambar 6(a) menunjukkan polutan *black carbon* memiliki korelasi negatif terhadap curah hujan dengan nilai korelasi sebesar -0.21 yang menandakan tingginya hujan dapat menekan konsentrasi polutan *black carbon*. Hubungan ini terlihat jelas pada bulan – bulan dengan puncak curah hujan tertinggi seperti pada bulan April dan November yang menyebabkan penurunan nilai konsentrasi black carbon dibandingkan sebelumnya. Polutan yang berada di udara akan mengalami penurunan konsentrasi signifikan setelah terjadinya kejadian hujan (Yang Li, 2015).

Gambar 6(b) menunjukkan korelasi negatif yang lemah antara antara *black carbon* dan suhu udara dengan nilai sebesar -0.24. Korelasi negatif ini menandakan hubungan yang terbalik diantara kedua parameter tersebut. Suhu udara yang tinggi merupakan situasi yang dapat menyebabkan terjadinya konveksi dan mampu mempercepat dispersi sehingga polutan dapat menyebar dan berkurang. Gambar 6(c) menunjukkan korelasi negatif lemah antara *black carbon* dan kelembapan dengan nilai sebesar -0.37.

Gambar 6(d) menunjukkan satu korelasi positif antara *black carbon* dengan tekanan udara dengan nilai sebesar 0.52. Korelasi merupakan satu – satu nya korelasi positif *black carbon* dengan unsur meteorologi yang diteliti. Hubungan ini menandakan peningkatan konsentrasi *black carbon* sejalan dengan kenaikan nilai tekanan udara. Tekanan yang tinggi menyebabkan *downdraft* yang mampu menahan polutan bergerak keatas, sehingga udara akan terakumulasi di permukaan dan memicu peningkatan hasil pengukuran.

4. Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan pembahasan yang sudah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Peningkatan konsentrasi *black carbon* yang terjadi di Bukit Kototabang cenderung terlihat jelas ketika terjadi peristiwa kebakaran hutan seperti pada tahun 2014, 2015, dan 2019.
2. Konsentrasi *Black Carbon* saat *Weekday* tidak terlalu berbeda dengan saat *Weekend*.
3. Korelasi antara *black carbon* dengan PM_{10} sangat signifikan dengan nilai korelasi 0.9 dan memiliki rasio <4% yang menandakan konsentrasi *black carbon* hanya sedikit dalam PM_{10}
4. *Black carbon* memiliki korelasi yang kecil dengan curah hujan, suhu udara, dan kelembaban udara dengan nilai korelasi berturut – turut sebesar -0.21, -0.24, dan -0.37 serta berkorelasi sedang dengan tekanan udara dengan nilai korelasi 0.52

Daftar Pustaka

- A.D.A Hansen. (2005). *Aethalometer Operations Manual Book*. Barkeley: Mage Scientific Company
- Lestiani, D., dkk. (2007). Karakteristik Black Carbon Partikulat Udara Halus $PM_{2.5}$ di Bandung dan Lembang 2004-2005. *Indonesian Journal of Nuclear Science and Technology*, 9 (2), 89-94.
- Li, Y., dkk. (2015). Variations in PM_{10} , $PM_{2.5}$, and $PM_{1.0}$ in an Urban Area of the Sichuan Basin and Their Relation to Meteorological Factors. *Atmosphere*, 6, 150 – 163.
- Madhavi, L., dan Badarinath. (2004). Correlation Between Black Carbon Aerosols, Carbon Monoxide and Tropospheric Ozone Over a Tropical Urban Site. *Atmospheric Research*, 71 (2024), 265-274
- Mubarak., dkk. (2022). *Prediksi dan Pencegahan Kebakaran Hutan dan Lahan Tahun 2022*. Lakeisha.
- Mukhtar, R., dkk. (2012). Kandungan Black Carbon Pada Partikulat Udara Halus dan Kasar Dalam Udara Ambien di Daerah Serpong – Tangerang. *Ecolab*, 6 (1), 1-11.
- Nahas, A.C. (2011). Kondisi Kualitas Udara Bukit Kototabang Periode 2005-2011. *Megasains*, 2(2), 60-73
- Prayitno, S.J.(2005). Kualitas Udara Beberapa Kota di Asia (Monitoring Kandungan SO_2 Udara. *Tekling P3TL-BPPT*, 6 (1), 324-329.
- Safai., dkk. (2007). Seasonal Variation of Black Carbon Aerosols Over a Tropical Urban City of Pune, India. *Atmospheric Environment*, 41(2007), 2699-2709.
- U.S Environmental Protection Agency. (2011). *Black Carbon Research and Future Strategies (Reducing Emissions, Improving Human Health and Taking Action on Climate Change)*. Diambil dari www.epa.gov/research

STUDI KUALITAS UDARA DENGAN PENDEKATAN KEADAAN KIMIA AIR HUJAN DAN AEROSOL PM₁₀ PERIODE TAHUN 2019 DAN 2020 DI STASIUN PEMANTAU ATMOSFER GLOBAL BUKIT KOTOTABANG

Andi Sulistiyono*, Kiaqus Ardi Zulistyawan

Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang, Sumatera Barat

Email: sulist_klim@yahoo.com

ABSTRAK

Untuk mengetahui kualitas udara suatu wilayah dapat dilakukan secara langsung dengan pengukuran konsentrasi aerosol PM₁₀. Selain dari pada itu sifat kimia air hujan dalam hal ini daya hantar listrik (DHL) dapat menjelaskan kualitas udara karena nilai daya hantar listrik sebanding dengan banyaknya ion-ion yang terlarut dalam air hujan. Hasil analisis DHL ini diharapkan memberikan gambaran tentang kualitas udara dengan pendekatan pengukuran sifat kimia air hujan tersebut. Selanjutnya data DHL air hujan dan aerosol PM₁₀ digunakan untuk mengetahui kualitas udara dan mengetahui besarnya tingkat hubungan antar parameter tersebut terhadap curah hujan yang terjadi. Dengan menggunakan data hasil pengukuran di stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang selama tahun 2019 dan 2020 diketahui bahwa keadaan lingkungan sekitar stasiun Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang selama periode tersebut sangat baik dan udara tergolong sangat bersih karena ion-ion yang terlarut dalam air hujan masih rendah. Sifat hubungan antara Curah hujan terhadap masing-masing PM₁₀ dan DHL mempunyai kekuatan hubungan yang rendah dengan sifat hubungan berlawanan terbalik. Hal ini tidak lepas dari sifat air hujan itu sendiri bahwa semakin banyak curah hujan maka udara akan semakin bersih karena atmosfer dicuci oleh adanya hujan tersebut.

Kata Kunci : Korelasi, Curah Hujan, Daya Hantar Listrik (DHL), PM₁₀.

1. Pendahuluan

Pengukuran kualitas udara dapat dilakukan dengan pengukuran zat-zat yang berada di atmosfer baik itu zat padat, cair maupun gas. Pengukuran terhadap zat padat dapat dilakukan pengukuran dengan mengetahui jumlah konsentrasi aerosol / partikulat seperti konsentrasi PM₁₀ dan PM_{2.5}. Kualitas udara dapat dinilai dengan pengukuran zat gas yang ada di atmosfer seperti kandungan gas rumah kaca (CO₂, Metana,) dan gas reaktif seperti O₃ dan CO. Sedangkan pengukuran kualitas udara dari media zat cair dapat dilakukan dengan pengukuran dari air hujan. Stasiun Pemantau Atmosfer Global (SPAG) Bukit Kototabang melakukan pengukuran secara rutin terhadap kandungan gas-gas rumah kaca, curah hujan, pH, *black carbon*, *particulate matter* (PM₁₀ dan PM_{2.5}) dan daya hantar listrik (DHL) pada air hujan dengan berbagai instrumen dan alat yang ada (Kurniawan, 2011).

Aerosol merupakan partikel padat atau cair yang tersuspensi di dalam gas atau udara yang keberadaannya sangat mempengaruhi dinamika fisika dan kimia atmosfer (Boucher, 2015). Selain itu, konsentrasi aerorol juga berpengaruh terhadap kesehatan, terutama manusia (Shiraiwa dkk., 2017). Salah satu aerosol adalah PM₁₀ yang dapat didefinisikan sebagai partikel aerosol yang mempunyai ukuran lebih kecil dari 10 µm (mikrometer) (BMKG, 2023). Aerosol dengan ukuran tersebut jika konsentrasinya tinggi dapat membahayakan kesehatan manusia. Oleh karena itu, pengukuran konsentrasi PM₁₀ sangat penting untuk dilakukan.

Daya Hantar Listrik (DHL) merupakan salah satu kondisi kimia yang pengukurannya dapat dilakukan dari air hujan yang tertampung. DHL berhubungan dengan banyaknya ion-ion terlarut. Besar dan jenis ion yang terlarut dalam air hujan akan mempengaruhi tingkat keasaman air hujan. Sifat keasaman air yang selanjutnya disebut sebagai larutan elektrolit atau zat yang bisa menghantarkan arus listrik. Besarnya daya hantar listrik air hujan dapat menggambarkan kekuatan larutan elektrolit dan tingginya kadar keasaman pada air hujan. Efek dari keasaman air hujan akan banyak merugikan dan membuat kerusakan yang selanjutnya biasa disebut sebagai hujan asam.

Salah satu fungsi dan sifat air hujan adalah sebagai pencuci keadaan atmosfer dan akan menampung aerosol maupun sifat kimia yang ada di atmosfer. Selama partikel air berada di atmosfer (awan) dan turun ke daratan melewati lapisan udara (atmosfer) maka titik hujan tersebut akan bercampur dengan materi-materi yang ada di atmosfer selama proses pembentukan awan hingga turun menjadi hujan. Partikel padatan berupa aerosol dan gas dengan unsur dan senyawa kimia akan bergabung bersama dengan butiran air hujan yang turun ke daratan.

Sifat kimia (kadar keasaman zat) yang ada pada air hujan menunjukkan kualitas air hujan secara tidak langsung akan menggambarkan keadaan udara (atmosfer). Kandungan konsentrasi partikel PM₁₀ di atmosfer dan tingginya ion-ion deposisi asam air hujan dalam hal ini DHL akan mempengaruhi kualitas udara yang akan berdampak pada manusia dan lingkungan sekitar. Oleh karena itu, air hujan juga sangat berpengaruh terhadap kualitas udara dan kesehatan manusia. Berdasarkan peraturan Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Nomor 8 Tahun 2022 Tentang Penyediaan dan Penyebaran Informasi Kualitas Udara, bahwa nilai baku mutu untuk PM₁₀ selama pengukuran 24 jam yaitu 50 µg/m³. Pengukuran aerosol dalam hal ini PM₁₀

di atmosfer dan sifat kimia (daya hantar listrik) air hujan bisa menjelaskan tentang keadaan kualitas udara.

Penulis tertarik untuk mengangkat topik tentang materi dan kandungan sifat kimia yang terkandung pada air hujan karena dapat membantu menjelaskan keadaan kualitas udara disamping pengukuran terhadap parameter kualitas udara itu sendiri. Pada tulisan ini menggunakan data konsentrasi PM₁₀ dan daya hantar listrik (DHL) dari air hujan yang tertakar di Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang periode tahun 2019 dan 2020. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan dan pengaruh dari PM₁₀ dan DHL air hujan terhadap keadaan hujan yang terukur di stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang. Kemudian, akan diketahui kondisi udara lingkungan sekitar Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang berdasarkan analisis ion-ion yang terlarut dalam air hujan dan konsentrasi parameter PM₁₀ selama periode tersebut.

2. Metode Penelitian

2.1. Data yang digunakan

Pada penelitian ini, akan menggunakan data hasil pengukuran di stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang selama tahun 2019 dan 2020 yang terdiri dari:

- Data Curah Hujan dan hari hujan
Data curah hujan dan hari hujan yang digunakan adalah data curah hujan harian selama tahun 2019 sampai dengan 2020 yang didapatkan dari hasil pengukuran di Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang. Data hari hujan merupakan data kejadian hujan dengan curah hujan terukur ≥ 1 mm.
- Data PM₁₀
Data PM₁₀ yang digunakan adalah data rata-rata bulanan tahun 2019 dan 2020 sedangkan data PM₁₀ mingguan didapatkan dari data rata-rata harian periode hari Selasa s/d Senin untuk periode minggu berikutnya.
- Data DHL Air Hujan
Data DHL adalah nilai daya hantar air arus listrik pada air hujan yang pengukurannya dilakukan secara kontinu setiap hari Senin. Data yang digunakan adalah data pengukuran tahun 2019 sampai dengan 2020.

2.1. Metode Pengolahan dan Analisis Data

Untuk data hujan baik curah hujan dan hari hujan pengolahan dilakukan dengan menghitung total curah hujan dan hari hujan pada periode mingguan dari Selasa untuk minggu sebelumnya hingga Senin untuk minggu saat itu. Hal ini dilakukan karena pengukuran DHL dilakukan setiap hari Senin yang artinya air hujan tersebut adalah kumulatif curah hujan pada periode Selasa untuk minggu sebelumnya hingga Senin untuk minggu saat itu. Hal yang sama juga dilakukan pada data PM₁₀ hasil pengukuran rata-rata harian di Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang.

Analisis data disajikan dalam bentuk diagram garis selama tahun 2019 dan tahun 2020. Data tersebut kemudian dianalisis untuk dibandingkan dan

mengetahui hubungan dari curah hujan, PM₁₀, dan DHL. Perbandingan tersebut dilakukan untuk melihat pengaruh hujan terhadap konsentrasi PM₁₀ dan daya hantar listrik. Untuk mengetahui tingkat hubungan antar parameter dilakukan dengan penghitungan menggunakan metode korelasi pearson (Sadik, 1995).

$$r_{xy} = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \cdot \sqrt{n \sum y^2 - (\sum y)^2}}$$

Dimana:

n = Banyaknya Pasangan data X dan Y.

Σx = Total Jumlah dari Variabel X

Σy = Total Jumlah dari Variabel Y

Σx²= Kuadrat dari Total Jumlah Variabel X

Σy²= Kuadrat dari Total Jumlah Variabel Y

Σxy= Total Jumlah dari Hasil Perkalian Variabel X dan Variabel Y.

Apabila nilai *sig.* yang didapat dari korelasi pearson diatas 0.05, hal tersebut berarti di antara kedua variabel tidak terdapat hubungan. Sedangkan, apabila nilai *sig.* yang didapat di bawah 0.05 menandakan bahwa terdapat hubungan di antara kedua variabel (Sujarweni, 2015). Selanjutnya, untuk melihat besarnya keeratan hubungan antara kedua variabel dilihat dari nilai korelasi Pearson.

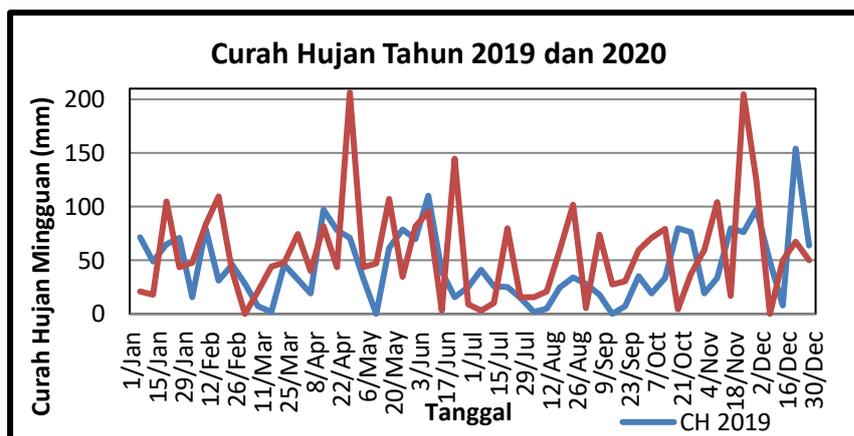
Tabel 1. Interval nilai korelasi Pearson (Sujarweni, 2015).

Nilai	Keterangan
0	Tidak ada korelasi
0.0 – 0.25	Korelasi sangat lemah
0.25 – 0.50	Korelasi lemah
0.5 – 0.75	Korelasi kuat
0.75 – 0.99	Korelasi sangat kuat
1	Korelasi Sempurna

3. Hasil dan Pembahasan

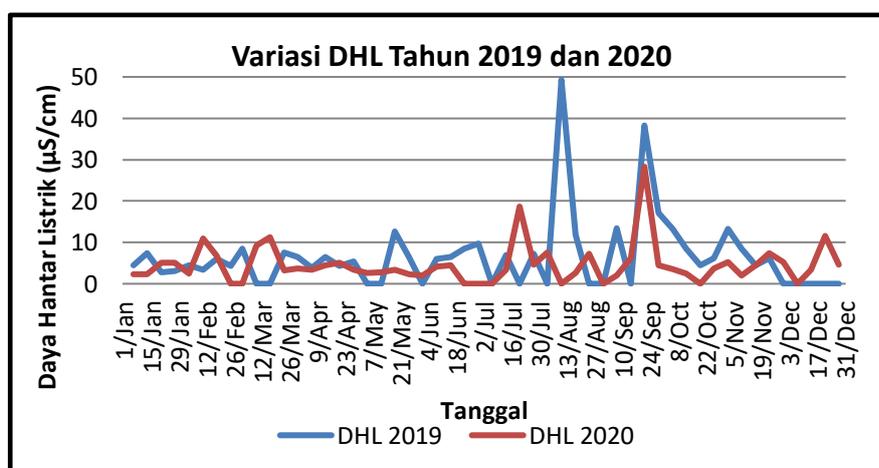
3.1 Variabilitas dan Hubungan Curah Hujan terhadap DHL Air Hujan

Pola curah hujan yang terjadi sepanjang tahun 2019 dan 2020 cenderung relatif sama, seperti yang ditunjukkan pada gambar 1. Terjadi peningkatan curah hujan di akhir masa peralihan yaitu bulan April-Mei dan Oktober-November, akan tetapi, secara kuantitas curah hujan pada tahun 2020 lebih tinggi dibandingkan pada tahun 2019.



Gambar 1. Curah hujan mingguan tahun 2019 dan 2020.

Pengukuran daya hantar listrik air hujan untuk tahun 2019 dilakukan sebanyak 39 minggu sedangkan sisa minggu lainnya tidak dilakukan pengukuran dikarenakan suatu hal teknis. Daya hantar listrik tertinggi terjadi pada 12 Agustus 2019 dengan nilai sebesar $49,3 \mu\text{S/cm}$ dan daya hantar listrik terendah pada 21 Januari 2019 dengan $2,84 \mu\text{S/cm}$. Sama halnya pada tahun 2020, jumlah total minggu sebanyak 52 minggu dengan dengan 44 minggu terdapat sampling data dan 8 minggu lainnya tidak terjadi pengukuran. Daya hantar listrik tertinggi tahun 2020 terjadi pada 21 September 2020 dengan nilai sebesar $28,3 \mu\text{S/cm}$ dan daya hantar listrik terendah pada 9 November 2020 dengan $1,94 \mu\text{S/cm}$. Distribusi hasil pengukuran DHL tahun 2019 dan 2020 dapat dilihat pada gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2. Variasi daya hantar listrik ($\mu\text{S/cm}$) tahun 2019 dan 2020.

Seperti yang ditampilkan pada gambar 2, seluruh data hasil ukur daya hantar listrik air hujan tahun 2019 dan 2020 secara umum rata-rata di bawah $20 \mu\text{S/cm}$. Penelitian Mandel (1981) menyampaikan bahwa bahwa daya hantar listrik air hujan normalnya berkisar antara $5,0 - 30 \mu\text{S/cm}$. Dari hasil ini menunjukkan bahwa SPAG Bukit Kototabang merupakan stasiun udara bersih yang mana diketahui bahwa ion-ion terlarut masih cukup rendah. Pola daya hantar listrik air hujan di tahun 2019 dan 2020 cenderung relatif sama, yaitu terjadi peningkatan konsentrasi pada Bulan Agustus-September dan penurunan konsentrasi pada November-Desember-Januari.

Menurut penelitian Husni dan Nuryanto (2000) menyatakan bahwa ketika terjadi peningkatan intensitas hujan atau massa air maka akan terjadi penurunan tingkat konsentrasi ion-ion terlarut sehingga kadar konduktivitas menurun dan nilai daya hantar listrik juga menurun, begitupun sebaliknya. Pada tahun 2019 dan 2020 terjadi peningkatan curah hujan di periode November, Januari dan Februari mengakibatkan daya hantar listrik air hujan rendah, sedangkan pada Periode Agustus hingga September nilai curah hujan terjadi penurunan sehingga nilai daya hantar listrik meningkat.

Berdasarkan korelasi pearson yang telah dilakukan terhadap nilai curah hujan dan daya hantar listrik air hujan pada tahun 2019 dan 2020 pada tabel 2, didapatkan bahwa nilai sig.sebesar 0,002 yang berarti terdapat hubungan antara curah hujan dan daya hantar listrik air hujan. Besarnya kekuatan hubungan antara curah hujan dan daya hantar air listrik air hujan ditentukan dari nilai koefisien korelasi, dengan nilai korelasi pearson sebesar -0,285 menunjukkan bahwa kedua variabel memiliki korelasi keeratan yang lemah. Hasil negatif pada koefisien korelasi juga menunjukkan bahwa kedua variabel memiliki hubungan yang terbalik satu sama lain.

Tabel 2. Korelasi Pearson curah hujan dan DHL tahun 2019 dan 2020.

		Curah Hujan	Daya Hantar Listrik
Curah Hujan	Pearson Correlation	1	-0,285**
	Sig. (2-tailed)		0,002
	N	81	81
Daya Hantar Listrik	Pearson Correlation	-0,285**	1
	Sig. (2-tailed)	0,002	
	N	81	81

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Untuk melihat hubungan kedua variabel digunakan juga regresi linear sederhana. Pada tabel 2 diketahui nilai *R Square* dari curah hujan dan daya hantar listrik adalah 0,081 yang berarti sebesar 8,1% nilai daya hantar listrik air hujan dipengaruhi oleh nilai curah hujan.

Tabel 3. Koefisien Regresi curah hujan dan DHL tahun 2019 dan 2020^a.

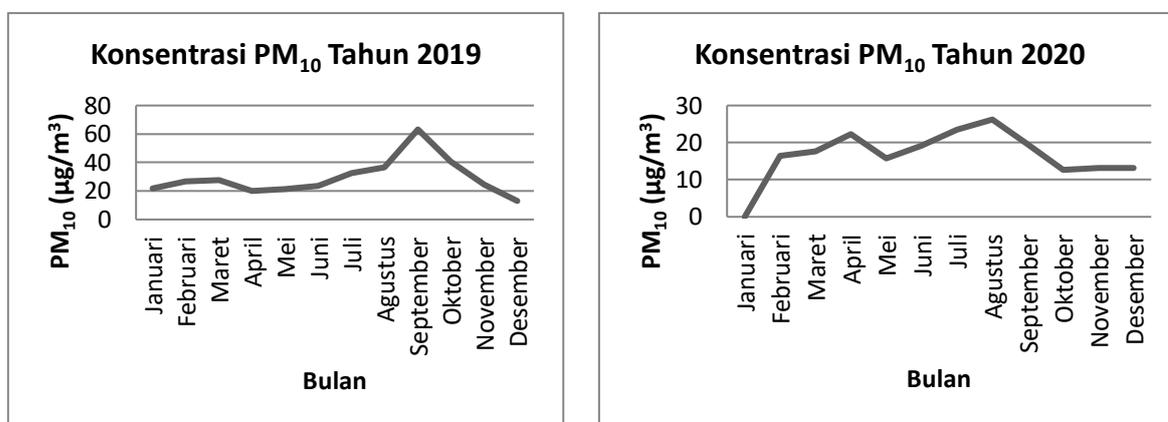
Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	10,36097	1,379		7,509	0,000
Curah Hujan	-0,0529	0,020	-0,285	-2,645	0,002

a. Dependent Variabel: Daya Hantar Listrik.

Besarnya pengaruh nilai curah hujan dapat dilihat dari nilai output B pada tabel 3 yaitu sebesar 10,360971 sehingga persamaan regresi dari curah hujan dan daya hantar air listrik adalah $Y = 10,361 - 0,0529X$. Hal tersebut berarti jika nilai curah hujan naik satu satuan maka nilai daya hantar listrik akan turun sebesar 0,0529 seperti pada gambar 2.

3.2. Variabilitas Konsentrasi PM₁₀ dan Korelasi dengan Curah Hujan

Konsentrasi PM₁₀ pada tahun 2019 dan tahun 2020 di Stasiun Pemantau Atmosfer Global (SPAG) Bukit Kototabang tercatat berada dibawah nilai baku mutu udara nasional untuk aerosol PM₁₀, yaitu 150 µg/m³. Pada gambar 3 konsentrasi PM₁₀ tertinggi tercatat pada Bulan September sebesar 63,2 µg/m³ dan terendah pada Bulan Desember dengan nilai sebesar 12,99 µg/m³.



Gambar 3 Konsentrasi PM₁₀(µg/m³) tahun 2019 dan 2020.

Pada gambar 3 konsentrasi PM₁₀ tahun 2020 tertinggi tercatat pada Bulan Agustus sebesar 26,22 µg/m³ dan terendah pada Bulan Januari dengan nilai sebesar 0 µg/m³. Namun, nilai 0 yang didapat disebabkan karena kesalahan instrumen ataupun kesalahan operator sehingga data tidak tersedia. Hubungan parameter curah hujan dan PM₁₀ pada tahun 2019 dan 2020 menunjukkan adanya hubungan pada kedua variabel. Pada tabel 4 didapatkan nilai Sig. sebesar 0,038 dan nilai korelasi sebesar -0,435 yang menunjukkan bahwa kedua variabel memiliki keeratan yang lemah dan berbanding terbalik.

Tabel 4 Korelasi Pearson curah hujan dan PM₁₀ tahun 2019 dan 2020

		Curah Hujan	PM ₁₀
Curah Hujan	Pearson Correlation	1	-0,435*
	Sig. (2-tailed)		0,038
	N	23	23
PM ₁₀	Pearson Correlation	-0,435*	1
	Sig. (2-tailed)	0,038	
	N	23	23

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Nilai *R Square* yang didapat pada regresi linear juga kecil, pada tabel 5 didapatkan nilai sebesar 0,189 yang berarti nilai PM₁₀ dipengaruhi oleh nilai curah hujan sebesar 18,9%. Nilai output B yang didapat pada tabel 6 sebesar 36,684 sehingga persamaan regresinya menjadi $Y = 36,684 - 0,055X$ yang berarti jika nilai curah hujan bertambah satu satuan maka nilai PM₁₀ akan turun sebesar 0,055.

Tabel .5 Model Summary Regresi curah hujan dan PM₁₀ tahun 2019 dan 2020.

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	0,435	0,189	0,150	10,37483

a. Predictors: (Constant), Curah Hujan.

Tabel 6. Koefisien Regresi curah hujan dan DHL tahun 2019 dan 2020.

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	36,684	6,153		5,962	0,000
	Curah Hujan	-0,055	0,025	-0,435	-2,211	0,038

Hasil negatif pada koefisien korelasi menunjukkan bahwa kedua variabel mempunyai indikasi hubungan keterbalikan yaitu jika curah hujan mengalami kenaikan maka DHL mengalami penurunan, begitu juga sebaliknya.

4. Kesimpulan

Sifat kimia air hujan dalam hal ini daya hantar listrik air hujan dapat membantu menjelaskan tentang keadaan atmosfer berkaitan dengan keadaan kualitas udara saat itu. Hal ini bisa dilihat dari sifat hubungan antara curah hujan terhadap nilai DHL dan konsentrasi PM₁₀ yang terukur sehingga daya hantar listrik air hujan ini mencerminkan banyaknya ion-ion yang notabene merupakan partikulat pencemar yang ada di atmosfer dan terlarut dalam air hujan. Adapun nilai korelasi curah hujan dengan DHL dan PM₁₀ mempunyai hubungan berlawanan (terbalik) dengan sifat hubungan yang lemah dengan nilai masing-masing -0,285 dan -0,435.

Berdasarkan analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, nilai kimia air hujan dan nilai konsentrasi PM₁₀ berada jauh lebih rendah dari nilai baku mutu konsentrasi PM₁₀ dan ion-ion terlarut pada air hujan masih cukup rendah sehingga dapat dikatakan bahwa lingkungan SPAG Bukit Kototabang berada pada kondisi udara bersih.

Daftar Pustaka

- Boucher, O. 2015, *Atmospheric aerosols*. Prancis : Springer.
- BMKG. (2023). Informasi Konsentrasi Partikulat (PM10). From BMKG website : <https://www.bmkg.go.id/kualitas-udara/informasi-partikulat-pm10.bmkg>.
- Fu'adah, L. N. (2019). Kajian Indeks Stabilitas Atmosfer Terhadap Kejadian Hujan Lebat di Wilayah Bogor. *Prosiding SNFA (Seminar Nasional Fisika dan Aplikasinya)* , 163.
- GAW Kototabang, B. (2021). Tentang GAW. Retrieved October 2021, from Gawbkt.id website: https://gawbkt.id/index.php/c_profil/ttgkami
- GAW Kototabang, B. (2021). Struktur Organisasi GAW. Retrieved October 2021, from Gawbkt.id website: https://gawbkt.id/index.php/c_profil/stuktur
- Husni, M., & Nuryanto, S. (2000). Kajian Kualitas Air Hujan Buatan dan Kaitannya dengan Peningkatan Curah Hujan. *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca* , 179-186.
- Kurniawan, A. (2011). Tingkat Keasaman (pH) dan Daya Hantar Listrik (Konduktivitas) Air Hujan di SPAG Bukit Kototabang Tahun 2011. *megAsains*, 2 (5), 22-25.
- Rinaldi. (2019). Operasional BAM-1020 di Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang. *Suara Bukit Kototabang*, 11 (1), 16.
- Sadik, K. (1995). Analisis Korelasi dan Regresi. Bogor : IPB
- Shiraiwa, M., Ueda, K., Pozzer, A., Lammel, G., Kampf, C. J., Fushimi, A., Enami, S., Arangio, A. M., Fröhlich-Nowoisky, J., Fujitani, Y., 2017, Aerosol health effects from molecular to global scales, *Environmental Science Technology*, 51, 13545-13567.
- Sujarweni, V. W. (2015). *SPSS Untuk Penelitian*. Yogyakarta: Penerbit Pustaka Baru Press

PENGUKURAN KONSENTRASI OZON (O₃) MENGGUNAKAN INSTRUMEN THERMOSCIENTIFIC 49IQ DI STASIUN PEMANTAU ATMOSFER GLOBAL (GAW) BUKIT KOTOTABANG AGAM TAHUN 2017-2021

Dodi Saputra*, Rendi Septa Davi, Ikhsan Buyung

Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang, Sumatera Barat

Email :rendidavi95@gmail.com

ABSTRAK

Ozon yang berpengaruh terhadap kehidupan di bumi ada dua yaitu ozon yang berada di stratosfer dan ozon yang berada di troposfer. ozon (O₃) yang berada di troposfer merupakan gas pencemar udara yang terbentuk secara tidak langsung, sedangkan dilapisan troposfir Lapisan O₃ tersebut berbentuk seperti mantel yang menyelimuti bumi. Pengukuarn konsentrasi Ozon di satsiun Pemantau Atmosfer Global menggunakan instrumen Thermo Scientific 49iQ. Thermo Scientific 49iQ ozone (O₃) Analyzer adalah alat untuk mengukur jumlah ozon di udara dari tingkat ppb hingga 200 ppm menggunakan teknologi UV Photometric. Dengan menggunakan data pengukuran konsentarsi ozone (O₃) tahun 2017-2021 di Stasiun Pemantau Atmosfer Global (GAW) Bukit Kototabang diketahui bahwa secara keseluruhan rata-rata konsentrasi Ozon di wilayah Bukit Kototabang sekitar 11,05 ppb. Konsentrasi ozone (O₃) tertinggi pada bulan Juli 2017 sebesar 19,13 ppb dan konsentrasi ozone(O₃) terendah pada bulan Juni 2019 sebesar 7,74 ppb.

Kata Kunci : Ozon, Thermo Scientific 49iQ, GAW Bukit Kototabang

1. Pendahuluan

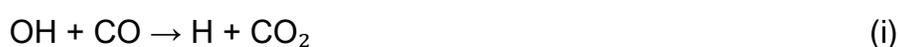
Ozon adalah gas yang terdiri dari molekul-molekul ozon, satu molekul ozon mempunyai tiga atom oksigen, oleh karena itu, ozon mempunyai rumus kimia O₃. Molekul-molekul ozon mudah bereaksi dengan zat-zat lain dengan melepaskan satu dari tiga atom oksigen tersebut sehingga dikenal sebagai salah satu gas reaktif. Ozon sangat berpengaruh terhadap kehidupan di bumi ada dua yaitu ozon yang berada di stratosfer dan ozon yang berada di troposfer. Ozon di stratosfer melindungi semua makhluk hidup dari pancaran sinar ultraviolet yang berasal dari matahari. Karena itu, ozon di stratosfer bermanfaat bagi manusia, kebalikan ozon di troposfer (Lazuardi, 2003). Sebaliknya ozon yang berada di troposfir dapat merugikan bagi makhluk hidup di bumi.

Keberadaan ozon di atmosfer bervariasi tergantung pada faktor yang mempengaruhinya. Keberadaan ozon di atmosfer dipengaruhi oleh matahari dengan siklusnya 11 tahunan, faktor dominan yang mempengaruhi ozon stratosfer dan ozon troposfer adalah berbeda. Ozon stratosfer dominan dipengaruhi oleh *Quasi-Biennial Oscillation* (QBO) sedangkan ozon troposfer lebih dominan dipengaruhi oleh peristiwa terjadinya *El Nino and South Oscillation* (ENSO) (Hidayati R, dkk,2003). QBO adalah pergantian angin timuran dan baratan di stratosfer pada lintang ekuator dengan periode 24-30 bulan. Pergantian ini akan mempengaruhi transpor atmosfer. Bila di stratosfer berhembus angin baratan, maka ozon akan berkurang sekitar 6-8% pada lintang menengah sampai ke kutub, dan kebalikannya bila angin timuran akan surplus. Dari keterangan di atas dapat kita simpulkan bahwa keberadaan ozon di atmosfer tidak sama antara daerah khatulistiwa dengan lintang menengah dan kutub.

Ozon (O₃) yang berada di atmosfer akan membentuk lapisan yang disebut lapisan ozon. Peranan senyawa ozon adalah melindungi makhluk hidup yang ada di bumi dengan cara menyerap hampir 90% radiasi sinar UV yang dipancarkan oleh matahari. Telah diketahui bahwa sinar UV sangat berbahaya dan dapat menyebabkan penyakit kanker kulit, katarak dan kerusakan genetik pada sel-sel manusia, hewan maupun tumbuhan. Sinar UV juga dapat menyebabkan penurunan sistem kekebalan hewan, tumbuhan dan organisme yang hidup di air dan memberi efek pada suhu atmosfer yang menentukan suhu dunia (Rukaesih, 2004).

Selain berada di stratosfer, ozon juga ada yang di troposfer. Ozon yang berada di troposfer merupakan gas pencemar udara yang terbentuk secara tidak langsung dan terdapat pada permukaan bumi sampai ketinggian 15 km dari permukaan. Ozon permukaan terbentuk oleh adanya suatu reaksi kimia yang memerlukan sinar matahari dan melibatkan beberapa gas pencemar udara lain, misalnya nitrogen monoksida (NO), karbon monoksida (CO), zat-zat organik yang mudah menguap (VOC: *Volatile Organik Compounds*) dan metana (CH₄).

Pembentukan ozon di troposfer melalui karbon monoksida dimulai dengan reaksi CO dengan radikal hidroksil membentuk atom H dan karbon dioksida. Atom H yang terbentuk akan bereaksi secara cepat dengan oksigen membentuk radikal peroksi (HO₂).



Radikal peroksi yang terbentuk kemudian bereaksi dengan NO membentuk NO₂ yang kemudian mengalami fotolisis dan salah satu atom O akan bereaksi dengan oksigen membentuk O₂.





Karena pembentukan O₃, memerlukan sinar matahari, maka ozon hanya terbentuk pada siang hari dan mencapai konsentrasi tertinggi pada sore hari. Peningkatan dan penurunan konsentrasi O₃ berkaitan dengan adanya proses fotokimia yang energinya berasal dari sinar matahari (Sulistiyono et all, 2019). Untuk melindungi diri apabila konsentrasi O₃ di udara tinggi, sebaiknya tidak melakukan aktivitas di luar rumah. Selain berakibat bagi manusia. O₃ juga akan berakibat pada tumbuhan pangan, yaitu menurunkan hasil dan kualitasnya.

Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang (*Global Atmosphere Watch*) terletak di Pulau Sumatera, Indonesia (0° 12' 07" LS – 100° 19' 05" BT). Stasiun ini berjarak 17 km arah Utara kota Bukittinggi dan lebih kurang 120 km Utara kota Padang yang merupakan ibukota provinsi Sumatera Barat. Stasiun yang berada ini terletak di daerah ekuatorial pada ketinggian 864,5 m di atas permukaan laut dan 40 km dari garis pantai bagian Barat. Vegetasi yang mengelilingi area (30 km) sebagian besar berupa hutan tropis. Dalam salah satu tugasnya melakukan pengukuran parameter gas reaktif. Adapun gas reaktif yang diselenggarakan pengukurannya di Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang terdiri dari gas O₃, CO, NO₂, NO, NO_x dan SO₂.

Pada tulisan ini akan menjelaskan tentang salah satu alat ukur yang digunakan pengukuran gas reaktif O₃ yaitu Thermo Scientific Seri 49iQ. Menjelaskan tentang prinsip kerja dari instrumen pengukur konsentrasi ozon Thermo Scientific Seri 49iQ dan melihat keadaan konsentrasi yang terjadi dengan menganalisis secara deskripsi data O₃ hasil pengukuran di Stasiun Pemantau Atmosfer Global (GAW) Bukit Kototabang tahun 2017-2021 merupakan tujuan yang dari penulisan artikel ini.

2. Data dan Metode

Menerangkan prinsip kerja alat pengukur konsentrasi gas O₃ yang bernama Thermo Scientific Seri 49iQ dilakukan dengan menjelaskan melalui diagram alir konsep kerja alat dan mekaniasme secara umum dari pengukuran yang terjadi pada alat tersebut. Adapun untuk mendapatkan gambaran tentang data hasil pengukuran dan mengetahui keadaan umum konsentrasi gas O₃ akan menggunakan data data konsentrasi ozon dari 2017-2021. Data konsentrasi harian ozon tahun 2017- 2021 akan dilakukan penghitungan menjadi data bulanan dan selanjutnya akan dihitung untuk mendapatkan rata-rata bulanan selama 5 tahun pada periode data tahun 2017- 2021 untuk data yang diperoleh dari hasil pengukuran sistem monitoring konsentrasi ozon yang telah dirubah ke dalam data bulanan. Adapun satuan konsentrasi tersebut adalah ppb (*part per billion*).

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Prinsip Kerja Thermo Scientific 49IQ

Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang menggunakan instrumen yang dinamakan Thermo Scientific Seri 49iQ untuk mengukur konsentrasi Ozon di udara ambien. Instrumen ini bekerja menggunakan teknologi U.V. Photometric O₃ Analyzer adalah menghitung konsentrasi ozon dengan mengukur atenuasi gelombang cahaya yang diserap oleh ozon.

Prinsip umum dari instrument ThermoScientific Series-49iQ menggunakan teknologi U.V. Photometric O₃ Analyzer adalah menghitung konsentrasi ozon dengan mengukur atenuasi gelombang cahaya yang diserap oleh ozon dalam absorpsi sel pada panjang gelombang 254 nm. Konsentrasi ozon secara langsung berhubungan dengan nilai atenuasi gelombang cahaya. Nilai intensitas awal dalam absorpsi sel terbaca (I₀), kemudian solenoid berputar, dan nilai intensitas yang diteruskan oleh absorpsi sel terbaca (I). Perbandingan antara I dan I₀ (I/I₀) adalah pengukuran absorpsi cahaya oleh ozon dalam sel pada 254 nm. Absorpsi cahaya oleh ozon ini secara

langsung berhubungan dengan konsentrasi ozon dalam sel. Melalui hukum Beer-Lambert dinyatakan

$$\frac{I}{I_0} = e^{-klc}$$

$$I = I_0 e^{-klc}$$

$$c = \frac{1}{k.l} \left(\ln \frac{I_0}{I} \right)$$

dimana:

k = titik potong serapan ozon pada 0,254 um (koefisien absorpsi) pada tekanan standar 1013 hPa dan temperature 273,15 K

l = ukuran sel (cm)

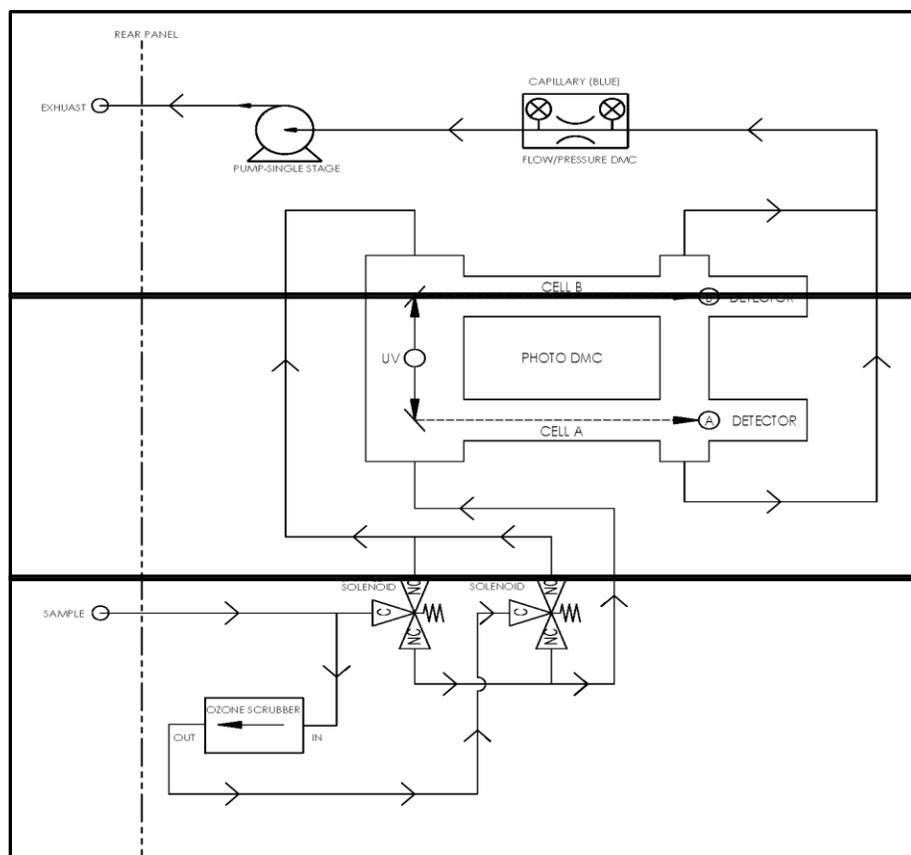
c = konsentrasi (ppm)

I = intensitas sinar UV dengan ozon (sampel gas)

I₀ = intensitas sinar UV tanpa ozon (gas referensi)

Sampel ditarik ke 49iQ melalui Sampel sekat dan dibagi menjadi dua aliran gas, seperti yang ditunjukkan pada gambar 1 satu aliran gas mengalir melalui *scrubber ozone* untuk menjadi gas referensi (I₀). Gas referensi kemudian mengalir ke katup solenoida referensi. Gas sampel (I) mengalir langsung ke katup solenoid sampel. Katup solenoida mengganti aliran referensi dan sampel gas antara sel A dan B setiap 10 detik. Ketika sel A berisi gas referensi, sel B berisi gas sampel dan sebaliknya.

Intensitas sinar UV dari setiap sel diukur dengan detektor A dan B. Ketika katup solenoida mengalihkan referensi dan aliran gas sampel ke sel yang berlawanan, intensitas cahaya diabaikan selama beberapa detik untuk memungkinkan sel memerah. 49iQ menghitung konsentrasi ozon untuk setiap sel dan mengeluarkan konsentrasi rata-rata ke tampilan panel depan dan output analog, dan juga membuat data tersedia melalui koneksi serial atau *Ethernet*.



Gambar 1. Diagram Alir 49iQ



Gambar 2 Thermo Scientific 49iQ

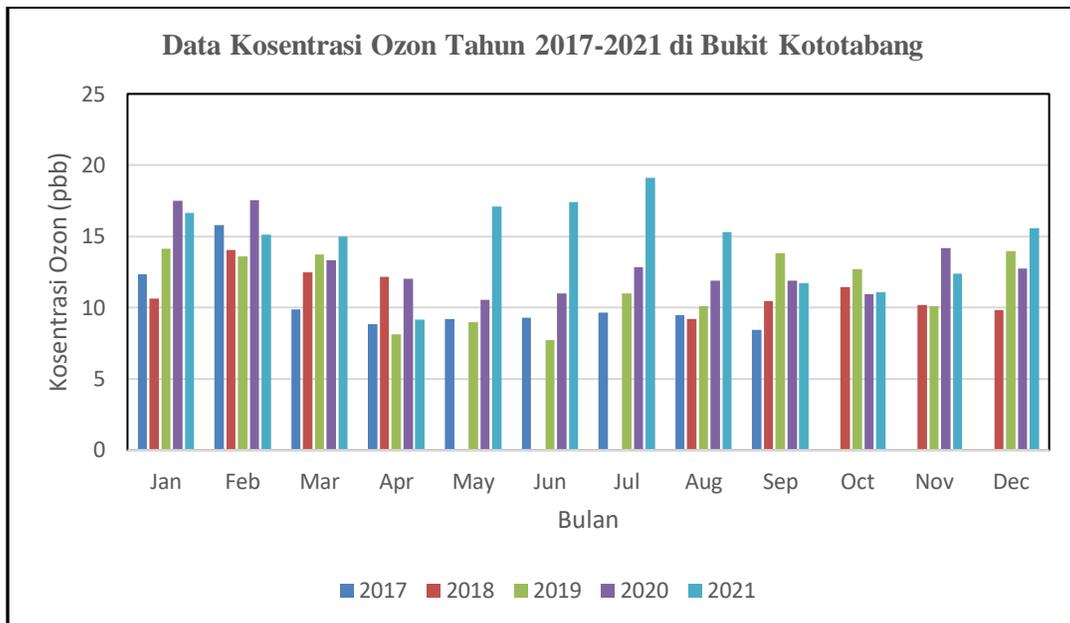
Photometric O_3 Analyzer adalah menghitung konsentrasi ozon dengan mengukur atenuasi gelombang cahaya yang diserap oleh ozon. Data yang dihasilkan menggunakan resolusi 5 (lima) menit, data diakuisisi menggunakan PC GAWDAQ dengan koneksi kabel LAN.

Thermo Scientific 49iQ Ozone(O_3) Analyzer mengukur jumlah ozon di udara dari tingkat ppb hingga 200 ppm. Thermo Scientific 49iQ Analyzer merupakan *photometer* sel ganda, konsep yang diadopsi oleh NIST untuk standar ozon nasional. Instrumen memiliki sampel dan referensi yang mengalir pada saat yang sama sehingga waktu respons 20 detik dapat dicapai. Rentang ganda, rentang otomatis, koreksi suhu, dan koreksi tekanan adalah fitur standar.

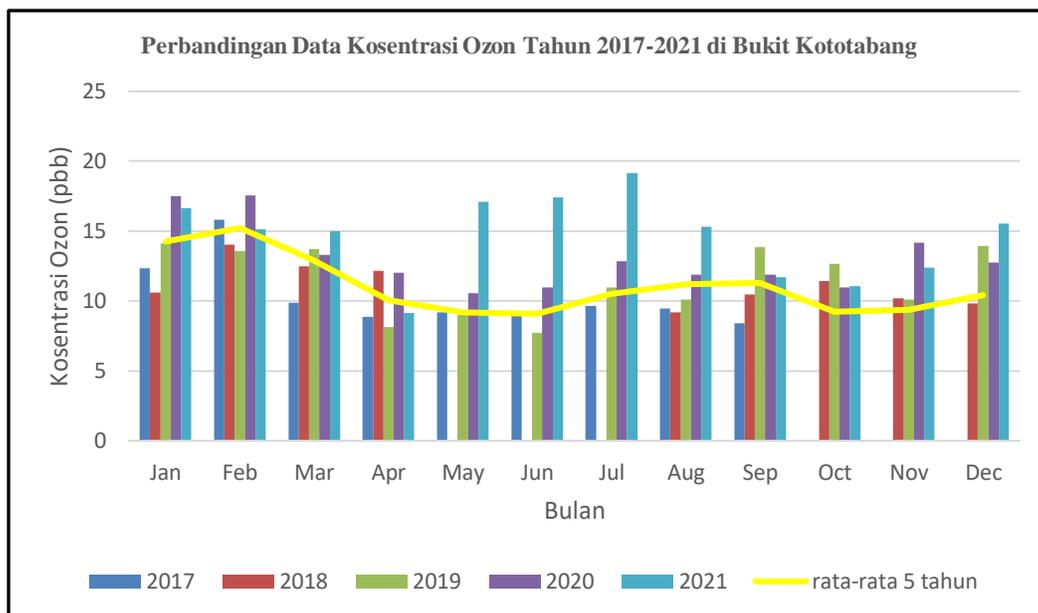
Data yang dihasilkan menggunakan resolusi 5 (lima) menit, data diakuisisi menggunakan PC GAWDAQ dengan koneksi kabel LAN. Kemudian data ini diolah menjadi data harian. Rawdata diambil dari instrumen menggunakan software/aplikasi komputer disebut *iport*, dimana komputer terhubung ke instrumen dengan kabel RS232 atau kabel UTP. Kemudian data diolah menjadi rata-rata/agregat perjam, per-hari dan per-bulan untuk pengolahan data selanjutnya.

3.2 Analisis Data Konsentrasi Ozon Tahun 2017-2021

Data keadaan konsentrasi Ozon (O_3) yang terukur pada tahun 2017-2021 dapat terlihat pada gambar 3 di bawah ini. Berdasarkan gambar 3 dapat dilihat konsentrasi ozon (O_3) dari tahun 2017-2021 di Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang. Secara keseluruhan rata-rata konsentrasi ozon di wilayah Bukit Kototabang sekitar 11,05 ppb. Konsentrasi ozon tertinggi pada bulan Juli 2017 sebesar 19,13 ppb dan konsentrasi ozon terendah pada bulan Juni 2019 sebesar 7,74 ppb. Kemudian ada beberapa data yang kosong disebabkan oleh beberapa kendala yang dijelaskan pada bab 3.1, bulan-bulan yang memiliki data kosong diantaranya Mei – Juli 2020 dan Oktober – Desember 2021. Dari data konsentrasi ozon yang terukur tahun 2017-2021 dapat dikategorikan dalam kondisi baik.



Gambar 3 Data kosentrasi ozon terukur pada tahun 2017-2021



Gambar 4 Grafik Perbandingan data kosentrasi ozon tahun 2017-2021 dengan rata-rata 5 tahun terakhir

Pada grafik 4 di atas menjelaskan tentang perbandingan data kosentrasi ozon tahun 2017-2021 dengan rata - rata 5 tahun terakhir. Rata - rata kosentrasi ozon tertinggi pada bulan Febuari sebesar 15,22 ppb dan kosentrasi ozon terendah pada bulan Juni sebesar 9,08 ppb. Pada tahun 2020 kosentrasi ozon yang terukur di atas rata-rata kosentrasi ozon 5 tahun terakhir tiap bulannya dan untuk tahun lainnya terjadi penurunan kosentrasi di bawah rata-rata kosentrasi ozon 5 tahun terakhir pada beberapa bulan. Secara umum, kosentrasi ozon cenderung tinggi terjadi pada awal tahun, sedangkan di pertengahan hingga akhir tahun memiliki kosentrasi ozon yang cukup rendah.

4. Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan pembahasan yang sudah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Thermo Scientific Seri 49iQ merupakan instrumen yang bekerja menggunakan teknologi U.V. Photometric O_3 Analyzer menghasilkan data resolusi 5 (lima) menit. Raw data diambil dari instrumen menggunakan suatu software/aplikasi komputer yang disebut iport sehingga data bisa dilakukan pengolahan menjadi periode waktu yang berbeda-beda (jam, hari dan bulan).
2. Data pengukuran O_3 (Ozon) periode tahun 2017-2021 periode bulanan menunjukkan bahwa konsentrasi O_3 tertinggi terjadi pada bulan Juli 2017 sebesar 19,13 ppb dan konsentrasi ozon terendah pada bulan Juni 2019 sebesar 7,74 ppb. Konsentrasi O_3 permukaan yang terukur di Bukit Kototabang tahun 2017 - 2021 secara keseluruhan mengalami penurunan.

Daftar Pustaka

Mbuyi, M.T. (2018). Tropospheric ozone in the Czech Republic, 1994-2000. *Glob. NEST J*, 3 (3), 163–170. doi: 10.30955/gnj.000205.

O. Analyzer. 49iQ Instruction Manual.

Sulistiyono, A., Hartanto., Fathuroyan, F., Saputra, D., & Arifin, I, B. (2019). Studi Profil Ozon Permukaan (O_3) Dan Gas Monoksida (CO) Antara Kota Bandung Dan Bukit Kototabang, *Jurnal Ilmu Lingkungan.*, 17(2), 239-244. doi: 10.14710/jil.17.2.239-244.

Vladimir, V, F. (1967). Ecuatoriana y Tur. local. *Gastron*, 1(69), 5–24.

Yulihastin, E. (2009). Pengaruh El Nino 1997 terhadap Variabilitas Ozon Total Indonesia. *Maj. Sains dan Teknol. Dirgant*, 4 (2), 75–85.

ANALISIS TINGKAT KEASAMAN AIR HUJAN DI KOTOTABANG PERIODE 2017-2021

Ikhsan Buyung Arifin*, Iman Ahmadi Hardiyan, Rendi Septa Davi

Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang, Sumatera Barat

Email: ikhsan.arifin@bmkkg.go.id

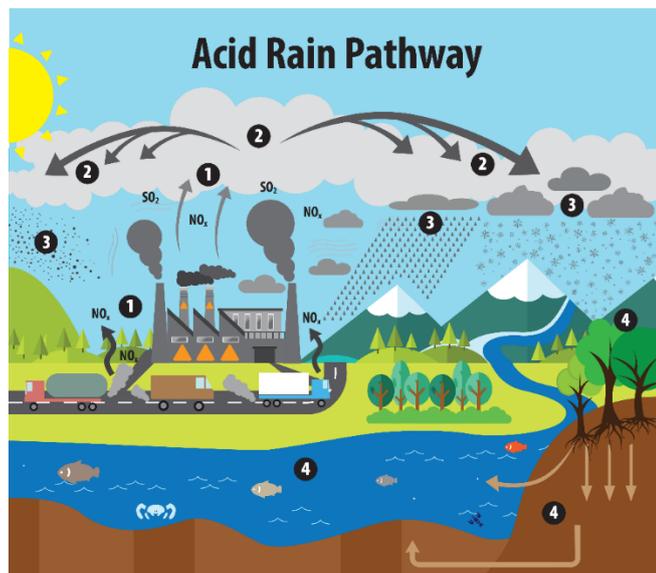
ABSTRAK

Polusi udara dapat mempengaruhi tingkat keasaman air hujan. Emisi SO₂ dan NO₂ dari aktifitas antropogenik dapat menurunkan nilai pH sehingga air hujan menjadi lebih asam. Penelitian ini dilakukan di Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang untuk mengetahui bagaimana keadaan nilai pH air hujan di wilayah yang jauh dari sumber emisi. Data yang digunakan berbentuk data bulanan, untuk pengamatan curah hujan menggunakan peralatan penakar hujan observatorium sedangkan untuk pengukuran pH menggunakan data sampling dari peralatan ARWS dan diukur dengan pH meter orion star. Dari hasil penelitian terdapat 2 puncak hujan bulanan di Kototabang yaitu pada Maret-Mei dan Oktober-Desember dan terendah pada Januari-Maret dan Juni-Agustus. Sementara nilai pH di Kototabang tampak tinggi pada bulan Juli-Desember dan rendah pada Januari-Maret. Tidak terlihat hubungan antara jumlah curah hujan dengan nilai pH di Kototabang. Nilai pH rata-rata pada bulan Januari dan Maret cukup rendah dan lebih asam daripada batas bawah nilai pH untuk wilayah remote (<5) sementara untuk bulan lainnya nilai pH berkisar antara 5,09-5,76.

Kata Kunci : pH, Curah Hujan, Kototabang

1. Pendahuluan

Polusi udara dapat berpengaruh langsung maupun tidak langsung terhadap lingkungan maupun kesehatan manusia. Pengaruh langsung polusi udara dapat berupa kerusakan pada tanaman dan lingkungan, gangguan pernapasan pada manusia, serta gangguan kesehatan lainnya. Pengaruh tidak langsung dapat berupa mengurangi kemampuan tanaman untuk berfotosintesis (Schenone, 1994), akumulasi deposisi polutan dapat mengubah komposisi kimia tanah (MacDonald, 1991), meningkatkan potensi korosi pada struktur bangunan dan fasilitas umum (Kucera, 1995), serta dapat menyebabkan terjadinya hujan asam.



Gambar 1. Skema Hujan asam (EPA, 2022)

Tingkat keasaman diukur berdasarkan nilai pHnya. Nilai pH (*power of Hydrogen*) merupakan nilai logaritma negatif dari ion hidrogen aktif yang terlarut. Nilai pH memiliki rentang 0-14. Larutan dengan nilai pH 7 bersifat netral, nilai pH <7 bersifat asam, dan nilai pH >7 bersifat basa.

Dalam kondisi normal, air hujan memiliki nilai pH 5,6. Air hujan bersifat sedikit asam dengan nilai pH dibawah 7. Hal ini akibat pengaruh dari CO₂ di atmosfer yang bereaksi dengan air hujan. Nilai pH 5,6 merupakan nilai kesetimbangan antara reaksi air murni dengan konsentrasi global CO₂ di atmosfer di ambang 350 ppm, sehingga nilai pH dibawah 5,6 dapat dikategorikan asam (Seinfeld, 2016). Namun begitu nilai pH air hujan alami cukup bervariasi tergantung kondisi topografi dan kejadian alam pada daerah pengukuran. Pengukuran nilai pH air hujan wilayah *background* di beberapa tempat menunjukkan bahwa batas bawah nilai pH air hujan alami yaitu 5 (Galloway, 1982). Keene et al (1983) menyebutkan bahwa asam organik memiliki pengaruh yang signifikan terhadap penurunan nilai pH di beberapa wilayah *remote*. Sementara itu untuk beberapa wilayah *remote* tertentu, nilai pH menunjukkan angka yang tinggi dengan nilai lebih dari 6 akibat pengaruh dari debu gurun yang bersifat basa (Seinfeld, 2016).

Emisi dari kebakaran hutan serta gas buang mesin bermotor dapat meningkatkan keasaman air hujan. Skema hujan asam tersebut diilustrasikan pada gambar 1 (EPA, 2022). Nomor 1 menunjukkan emisi polutan berupa SO₂ dan NO₂ dari gas buang

kendaraan bermotor dan mesin pabrik, emisi ini juga dapat bersumber dari pembakaran biomassa seperti pembakaran limbah pertanian atau kebakaran hutan. Selanjutnya pada no 2 menunjukkan emisi tersebut bercampur dengan uap air dan membentuk awan. Polutan yang berbentuk padatan dapat membentuk inti kondensasi. Pada nomor 3 menunjukkan proses deposisi polutan. Deposisi tersebut dapat berupa deposisi kering, atau deposisi basah. Selanjutnya polutan asam yang terdeposisi seperti yang terlihat pada nomor 4 turun ke permukaan bumi mencemari tanah, air, dan vegetasi.

Penelitian pengukuran pH yang telah dilakukan di Kototabang sebelumnya menunjukkan bahwa tingkat keasaman air hujan di Kototabang selama rentang 2015-2019 sebesar 5,23 (Lestari, 2021). Nilai tersebut masih berada di atas batas bawah nilai pH air hujan normal menurut Galloway (1982) untuk pengukuran di wilayah *remote*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana hubungan antara curah hujan dan keasaman air hujan di Kototabang serta melihat bagaimana variasinya selama 5 tahun pada rentang 2017-2021.

2. Metode Penelitian

2.1 Lokasi

Penelitian dilakukan di Stasiun Pemantau Atmosfer Global (SPAG) Bukit Kototabang. Stasiun pengamatan ini berada di Kecamatan Palupuh, Kabupaten Agam, Sumatera Barat. Stasiun pengamatan ini berada pada $0^{\circ} 12' 07''$ LS – $100^{\circ} 19' 05''$ BT pada ketinggian 865 mdpl. Stasiun ini merupakan referensi udara bersih di wilayah ekuator dan merupakan bagian dari sistem monitoring dan riset yang dikoordinasi oleh World Meteorological Organization (WMO). Stasiun ini berdiri pada tanggal 7 Desember 1996 sebagai salah satu unit kerja dari Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG). Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang merupakan salah satu stasiun di daerah ekuatorial yang penting dalam program pengamatan atmosfer secara global.

2.2 Data.

Data yang digunakan merupakan data curah hujan dan pH bulanan tahun 2017-2021. Data curah hujan tersebut merupakan nilai akumulasi bulanan dari data pengamatan hujan harian. Sedangkan data pH bulanan diambil dari rata-rata nilai pH mingguan. Analisis keasaman curah hujan dilakukan untuk analisis rata-rata tahunan, rata-rata bulanan, serta analisis statistik sederhana.

2.2 Peralatan.

Curah hujan diukur menggunakan alat penakar hujan observatorium seperti pada gambar 2. Penakar hujan tersebut berbentuk silinder dengan tinggi 120 cm dan lebar corong 100 cm^2 . Pengukuran curah hujan dilakukan setiap hari setiap pukul 7 waktu setempat menggunakan gelas ukur yang telah terstandar.

Peralatan yang digunakan untuk menampung air hujan yaitu *Automatic Rain Water Sampler* (ARWS) seperti pada gambar 2, sebuah instrumen yang berfungsi untuk menampung air hujan dengan mekanisme tertentu untuk meminimalisir kontaminasi dan penguapan pada sampel yang diambil. Prinsip kerja dari ARWS adalah ketika hujan turun, sensor yang terpasang akan basah oleh air hujan dan mengirimkan sinyal pada motor penggerak untuk memindahkan tutup penampung air hujan dari wadah penampung basah (*wet container*) ke wadah penampung

kering (*dry container*). Sebaliknya saat hujan berhenti, sensor akan mengering dan mengirimkan sinyal pada motor penggerak untuk memindahkan tutup penampung air hujan dari penampung kering ke penampung basah.

Peralatan ARWS di Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang menggunakan *Tipping Bucket* sebagai sarana pemberi sinyal pada motor penggerak ARWS. Sehingga saat hujan turun, *Tipping Bucket* akan bekerja untuk mencatat curah hujan yang terukur selama terjadi hujan dan mengirimkan sinyal secara berkala pada motor penggerak untuk memindahkan tutup penampung air hujan ke wadah penampung kering. Saat hujan berhenti, *Tipping Bucket* akan berhenti mengirimkan sinyal ke motor penggerak. Motor penggerak akan memindahkan tutup penampung air hujan kembali ke wadah penampung basah apabila tidak menerima sinyal dalam rentang 10 menit sejak sinyal terakhir yang diterima.



Gambar 2. Peralatan ARWS di Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang

Keterangan

1. *Tipping Bucket*
2. Tutup Wadah Penampung Air hujan
3. Wadah Penampung Basah (*Wet*)
4. Wadah Penampung Kering (*Dry*)



Gambar 3. Perangkat pH meter Orion 3 Star Plus

pH meter adalah alat yang berfungsi untuk mengukur derajat keasaman berdasarkan aktivitas ion H^+ atau ion OH^- dalam sebuah larutan. Di Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang pH meter digunakan untuk mengukur keasaman dari air hujan, dimana air hujan tersebut membawa deposisi basah. Deposisi basah yang terbawa air hujan berupa gas SO_2 , NO_2 dan CO_2 yang menjadi larutan asam saat terbentuk butiran air hujan.

pH air hujan pada umumnya berkisar pada nilai 5,6. Hal ini terjadi karena terdapat asam lemah H_2CO_3 yang terbentuk dari gas CO_2 yang terlarut pada butiran air hujan. Apabila nilai pH dari air hujan lebih rendah daripada 5,6 maka dapat dikatakan hujan yang turun adalah hujan asam. Hal ini karena terdapat gas NO_2 dan SO_2 yang larut pada butiran air hujan dan membentuk asam yang lebih kuat HNO_3 atau H_2SO_3 .

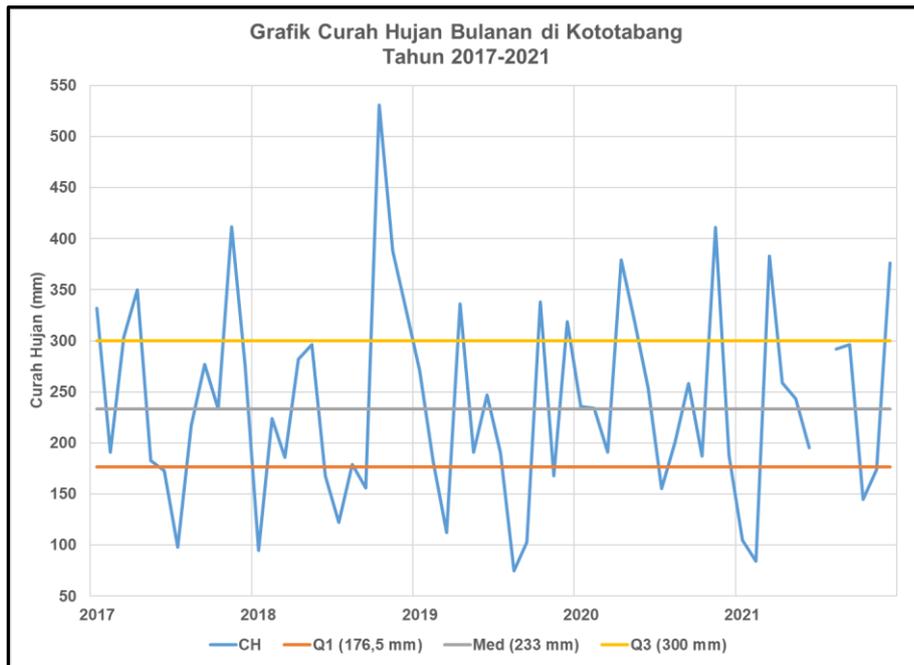
3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Analisis Curah Hujan.

Curah hujan bulanan di Kototabang pada periode 2017-2021 berkisar antara 75 mm hingga 531 mm. Grafik *timeseries* data curah hujan bulanan tersebut dapat dilihat pada gambar 5. Pada gambar 5 terlihat bahwa curah hujan tertinggi terjadi pada bulan oktober 2018 sebesar 531 mm. Sementara itu curah hujan terendah terjadi pada bulan Agustus 2019 dengan curah hujan sebesar 75 mm.

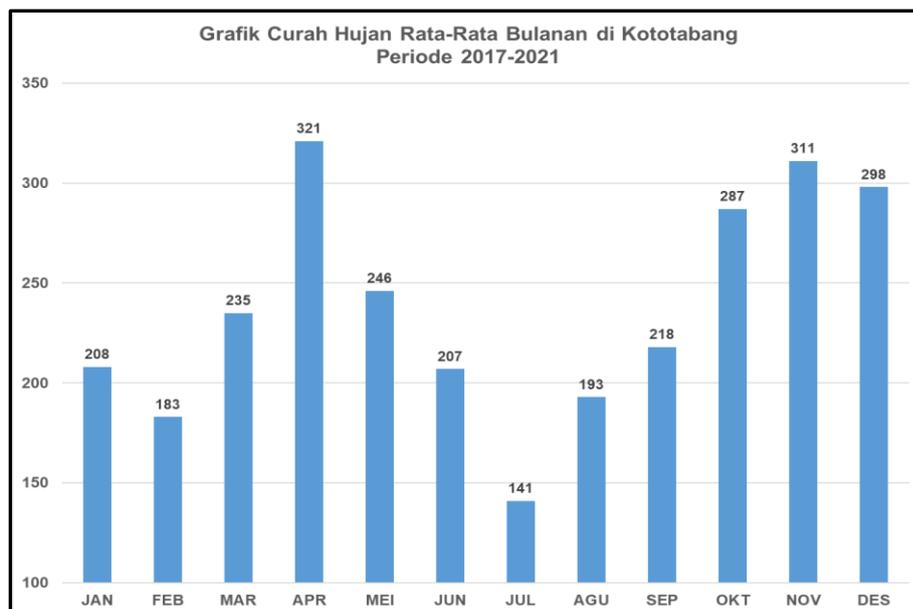
Kategori intensitas curah hujan bulanan (BMKG) dibagi menjadi 4 yaitu curah hujan rendah (0-100 mm), menengah (100-300 mm), tinggi (300-500 mm), dan sangat tinggi (>500 mm). Berdasarkan kategori tersebut curah hujan di Kototabang cukup tinggi. Pada gambar 5 terlihat bahwa hampir seluruh curah hujan bulanan periode 2017-2021 berada pada kategori menengah hingga tinggi.

Sementara itu pengelompokan data berdasarkan kuartil pada gambar 5 menunjukkan bahwa nilai kuartil I sebesar 176,5 mm, median 233 mm, dan kuartil III 300 mm. Semua puncak hujan bulanan dalam 1 tahun berada di atas nilai Q3 dan hampir seluruh puncak hujan bulanan pada 1 tahun berada di bawah nilai Q1.



Gambar 5. Grafik *timeseries* curah hujan bulanan Stasiun pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang periode 2017-2021.

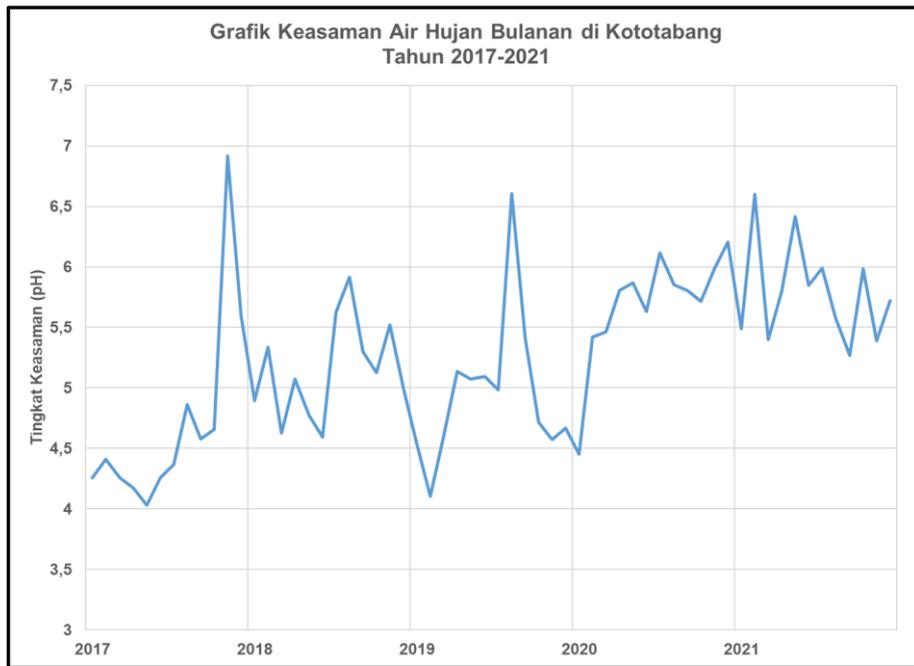
Berdasarkan rata-rata curah hujan bulanan periode 2017-2021 pada gambar 6 menunjukkan bahwa Kototabang memiliki 2 puncak hujan dalam satu tahun. Puncak hujan pertama terjadi pada bulan Maret-Mei dan puncak hujan kedua pada Oktober hingga Desember. Pada puncak hujan pertama, bulan dengan curah hujan tertinggi yaitu April dengan curah hujan 321 mm. Sedangkan pada puncak hujan kedua, bulan dengan hujan tertinggi yaitu November dengan curah hujan 311 mm. Curah hujan terendah terjadi pada bulan Juli sebesar 141 mm, serta bulan Februari sebesar 183 mm. Pola curah hujan dengan 2 puncak ini merupakan pola hujan Ekuatorial (buku PMH). Hal ini disebabkan pengaruh dari aktifitas ITCZ.



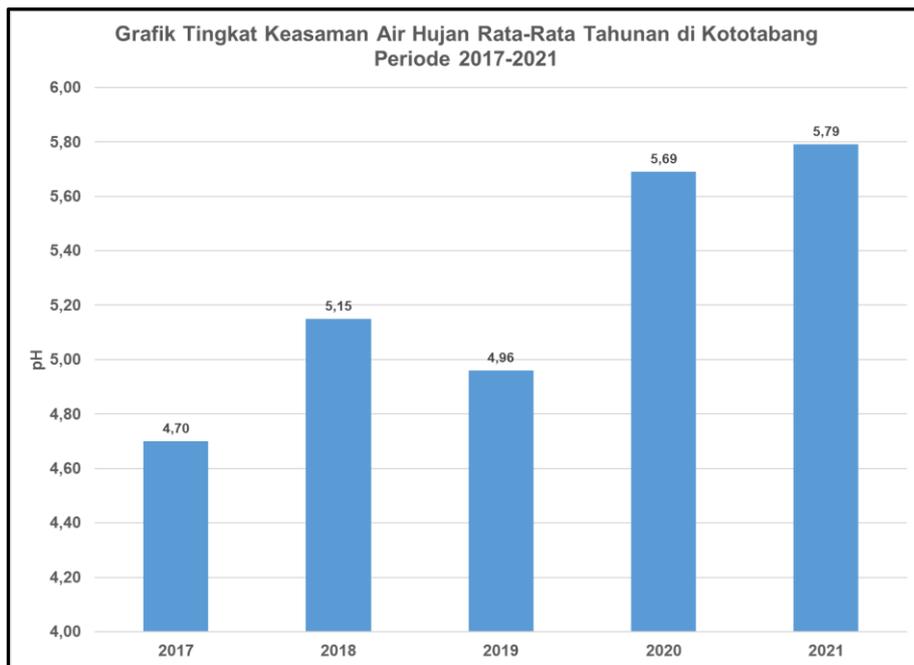
Gambar 6. Grafik curah hujan rata-rata bulanan Stasiun GAW Bukit Kototabang periode 2017-2021

3.2 Analisis Keasaman Air Hujan.

Tingkat keasaman air hujan di Kototabang selama periode penelitian berkisar antara 4,03 hingga 6,92. Nilai pH tertinggi sebesar 6,92 terjadi pada bulan November tahun 2017 sedangkan nilai pH terendah sebesar 4,03 terjadi pada bulan Mei 2017. Pada gambar 7 terlihat bahwa tren nilai pH air hujan di Kototabang mengalami kenaikan. Pada gambar 8 dapat dilihat terjadi kenaikan yang signifikan pada tahun 2020 dan 2021 dibandingkan pada tahun 2017 hingga 2019. Kejadian ini dapat disebabkan karena tingginya tingkat kebakaran hutan pada tahun 2017-2019 sehingga hujan pada periode 2017-2019 menjadi lebih asam.

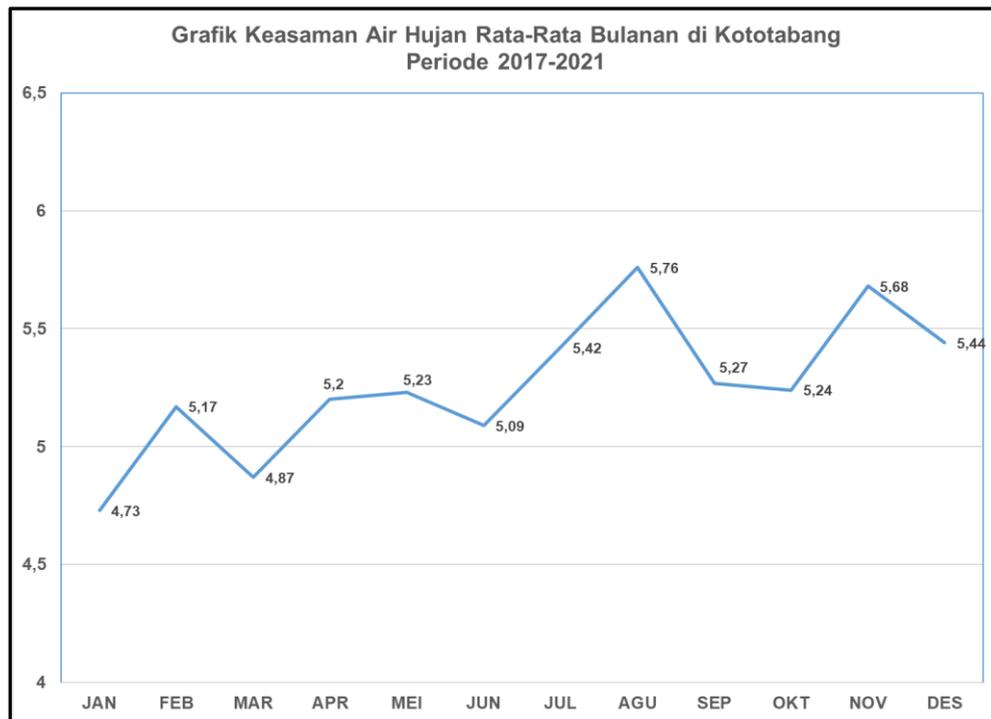


Gambar 7. Grafik *timeseries* nilai pH air hujan bulanan Stasiun GAW Bukit Kototabang periode 2017-2021



Gambar 8. Grafik nilai pH rata-rata tahunan Stasiun GAW Bukit Kototabang periode 2017-2021.

Sementara itu jika dilihat pola tahunannya pada gambar 9, hujan dengan nilai pH yang cukup tinggi terjadi pada bulan Juli hingga Desember. Nilai pH tertinggi terjadi pada bulan Agustus dan November dengan nilai pH masing-masing sebesar 5,76 dan 5,68. Sementara itu nilai pH terendah terjadi pada bulan Januari dan Maret dengan nilai masing-masing 4,73 dan 4,87. Nilai pH pada bulan Januari dan Maret ini lebih asam daripada batas nilai keasaman air hujan di wilayah *remote* yaitu $pH < 5$ (Galloway, 1982). Nilai pH rata-rata bulanan dan jumlah curah tidak menunjukkan hubungan baik secara visual yang dapat dilihat pada gambar 6 dan gambar 9 maupun dengan nilai korelasi sebesar 0,001.



Gambar 9. Pola bulanan nilai pH air hujan stasiun GAW Kototabang periode 2017-2021.

4. Kesimpulan

Dari hasil analisis data pH dan curah hujan dapat ditarik kesimpulan bahwa pada periode penelitian, terdapat 2 puncak hujan bulanan di Kototabang yaitu pada Maret-Mei dan Oktober-Desember dan terendah pada Januari-Maret dan Juni-Agustus. Sementara nilai pH di Kototabang tampak tinggi pada bulan Juli-Desember dan rendah pada Januari-Maret. Nilai pH rata-rata pada bulan Januari dan Maret cukup rendah dan lebih asam daripada batas bawah nilai pH untuk wilayah *remote*. Tidak terdapat hubungan antara jumlah curah hujan dengan nilai pH di Kototabang.

Saran

Untuk menganalisis penyebab dan sumber peningkatan dan penurunan nilai pH tersebut diperlukan analisis lebih lanjut untuk arah angin, emisi, serta kejadian khusus yang berkaitan dengan kualitas udara pada wilayah sekitar.

Daftar Pustaka

- Galloway, J.N., Likens, G.E., Keene, W.C., Miller, J.M. (1982). The composition of precipitation in remote areas of the world. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 87 (c11), 8771-8786.
<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1029/JC087iC11p08771>.
- Kucera, V., Fitz, S. (1995). *Direct and indirect air pollution effects on materials including cultural monuments*. *Water, Air, & Soil Pollution*, 85, 153-165.
<https://link.springer.com/article/10.1007/BF00483697>
- Lestari, R.P., Nugraha, M.S, Indrawati, A., Suryanti, S., Suharguniyawan, E., Khotijah, S.W.S., Hindratmo, B., Nelson, R., Tanti, D.A. (2021). Komposisi Kimia Deposisi Basah di Jakarta, Serpong, Bandung, Kototabang, dan Maros Selama Tahun 2015-2019. *ECOLAB*, 15(2), 89-100.
<http://ejournal.forda-mof.org/ejournal-litbang/index.php/JKLH/article/view/6772>.
- MacDonald, N.W., Burton, A.J., Jurgensen, M.F., McLaughlin, J.W., Mroz, G.D. (1991). *Variation in Forest Soil Properties along a Great Lakes Air Pollution Gradient*. *Soil Science Society of America Journal*, 55 (6), 1709-1715.
<https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2136/sssaj1991.03615995005500060034x>
- Schenone, G., Fumagalli, I., Mignanego, L., Montinaro, F. Soldatini, F. (1994). *Effects of Ambient Air Pollution in Open-Top Chambers on Bean (Phaseolus vulgaris L.)*. II. Effects on Photosynthesis and Stomatal Conductance. *The New Phytologist*, 26 (2), 309-315.
<https://www.jstor.org/stable/2557954>.
- Seinfeld, J.H., Pandis, S.N. (2016). *Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change* (Edisi ke 3). John Willey and Sons, inc.
- BMKG. Analisis Curah Hujan Dan Sifat Hujan Bulan Oktober 2022. Diakses pada 2 November 2022. <https://bmkg.go.id/iklim/informasi-hujan-bulanan.bmkg?p=analisis-curah-hujan-dan-sifat-hujan-bulan-November-2022&tag=&lang=ID>
- United States Environmental Protection and Agency. What is Acid Rain?. Diakses pada 7 Oktober 2022, dari <https://www.epa.gov/acidrain/what-acid-rain>.

ANALISIS *JOB DESCRIPTION* PADA PELAPORAN BULANAN BIDANG ADMISNISTRASI DAN DATA TEKNIS OPERASIONAL DI LINGKUNGAN STASIUN PEMANTAU ATMOSFER GLOBAL BUKIT KOTOTABANG

Diko Revano Umbara*, Rizka Fayu Fadilla

Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang, Sumatera Barat

Email: diko.revano.umbara@bmkgo.go.id

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui dan menginterpretasikan penerapan job description pada pegawai fungsional PMG dan pegawai pengadministrasian umum dalam kegiatan pelaporan data dan merumuskan kendala yang dihadapi beserta upaya-upaya yang telah dilakukan sebagai solusi yang telah diambil agar progres pembuatan dan pelaporan administrasi dan data teknis bulanan dapat terlaksana sesuai dengan waktu yang telah ditentukan. Penelitian ini dilaksanakan di Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang. Hasil observasi dan analisis terhadap penerapan job description terkait pemenuhan laporan bulanan tata usaha dan teknis pada pegawai pada Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang telah diterapkan dalam hal tugas dan tanggung jawab pegawai berdasar kepada pembagian kerja sesuai dengan kemampuan dan minat dari pegawai. Hal ini dilakukan dengan tujuan agar pegawai bisa bertanggungjawab sesuai dengan kebutuhan instansi dan bisa bekerja sesuai dengan pekerjaan yang diberikan. Upaya yang dilakukan untuk mengatasi hambatan penerapan job description pegawai di Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang yaitu penambahan pegawai baru dari CPNS Umum dan CPNS STMKG, peningkatan kualitas sumber daya manusia melalui belajar mandiri, melakukan koordinasi dalam penerapan job description pegawai, dan melakukan revisi data job description pegawai.

Kata Kunci : *Job Description, Pegawai, Laporan Bulanan*

1. Pendahuluan

Sebuah organisasi dibutuhkan manajemen yang baik dalam mengelola segala sumber daya yang ada. Sumber daya organisasi ini dapat berupa sumber daya fisik dan sumber daya non fisik. Sumber daya fisik merupakan segala bentuk kekayaan yang dimiliki oleh organisasi yang memiliki wujud dapat dimanfaatkan secara langsung, sedangkan sumber daya non fisik yaitu berupa sumber daya manusia yang berkaitan dengan tenaga kerja dan bakat manajerial dalam sebuah organisasi dapat berupa *knowledge* dan *skill*. Sumber daya dalam hal ini SDM berada pada suatu tatanan sebuah manajemen maka pegawai akan memegang peran penting dalam upaya suatu organisasi agar dapat dan mampu untuk mendapatkan hasil terbaik sesuai bidang tugas organisasi tersebut.

Kajian ini menjadi menarik untuk dikaji karena selain terkait dengan *system* demokrasi dan penegakan peraturan BMKG, juga terkait dengan diperlukan SDM (Aparatur Sipil Negara / ASN) yang terencana guna menjamin keterampilan, kemampuan serta pengalaman yang sesuai dengan kebutuhan dan kontinuitas organisasi, serta memastikan kesesuaian antara pegawai dan pekerjaan yang dibutuhkan. Untuk menjangkau hal tersebut maka perlu melihat *job specification* dan *job description* yang diterapkan sesuai prinsip manajemen oleh BMKG dalam hal ini Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang yang dapat menunjang terlaksananya tugas secara efektif dan efisien dalam kegiatan pengadministrasian dan pelayanan informasi kualitas udara.

Menurut Daryanto dan Abdullah (2013), Analisis Jabatan (*Job Analysis*) adalah suatu kegiatan untuk memberikan analisa pada setiap jabatan sehingga demikian akan memberikan pula gambaran tentang syarat-syarat yang diperlukan bagi setiap karyawan untuk jabatan tertentu. Selanjutnya deskripsi pekerjaan menurut Rivai (2009) adalah uraian pekerjaan merupakan pernyataan tertulis mengenai apa yang dilaksanakan oleh pelaksana pekerjaan dan bagaimana pekerjaan itu dilakukan serta mengapa dilakukan. Untuk Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang, penyusunan dan pembagian tugas operasional didasarkan atas *job description* pegawai, yang mana uraian dan deskripsi tugas masing-masing pegawai termuat pada lembar *job description* tersebut.

Penerapan *job description* pada pegawai fungsional dalam hal ini yang termasuk dalam jabatan Pengamat Meterologi dan Geofisika (PMG) dan jabatan Pengadministrasian Umum, diatur pembagian tugasnya berdasarkan pada surat keputusan kepala Stasiun dengan Nomor SK.014-b/KP.05.00/KAGM/VI/2022 tentang perubahan kedua uraian tugas pada Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang. Selanjutnya pada pegawai yang bertugas sebagai PIC seperti yang tercantum dalam surat SK diatas mempunyai kewajiban untuk membuat laporan terkait kegiatan teknis operasional dan data teknis yang dihasilkan dari pengoperasian alat, serta pelaporan administrasi pada bagian Tata Usaha. Berdasarkan lembar pelaporan data teknis yang didapatkan dari bagian koordinator data dan informasi diketahui bahwa jumlah laporan data teknis yaitu sebanyak 52 macam jenis data laporan, dan 10 daftar kegiatan pada laporan administrasi Tata Usaha.

Tabel 1. Daftar list pelaporan data bulanan teknis

LAPORAN DATA BULANAN STASIUN GAW BUKIT KOTOTABANG							
BULAN : 2022							
YANG TERDIRI DARI :							
NO	Kelompok	KEL PARAMETER	Alat	PARAMETER	Petugas	HARIAN	JAM-AN
1	I	Aerosol	BAM	PM2.5 (Jam-an)	Rinaldi		
2				PM10 (Jam-an)	Rinaldi		
3			Catcos	Scatter Coefficient (Jam-an)	Aldo		
4				Black Carbon (Jam-an)	Aldo		
5				Gabungan aerosol	Iman		
6			HVHS	SPM	Iman		
7	II	Gas Reaktif		O3 (Jam-an)	Ikhsan		
8				NO (Jam-an)	Galbi		
9				NO2 (Jam-an)	Galbi		
10				Nox (Jam-an)	Galbi		
11				SO2 (Jam-an)	Galbi		
12				Gabungan Gas Reaktif	Galbi		
13	III	GRK	Plast Sampling	NOAA CO2	Ikhsan		
14				NOAA CH4	Ikhsan		
15				NOAA N2O	Ikhsan		
16				NOAA SF6	Ikhsan		
17			Piccaro	CO	Tanti		
18				CO2	Tanti		
19				CH4	Tanti		
20				Gabungan GRK piccaro	Tanti		
21	IV	Solar radiasi	Pyranometer	Radiasi Total /Global (Harian & Jam-an)	Soni		
22				Radiasi Langsung /Direct (Harian & Jam-an)	Soni		
23				Radiasi Baur /Diffuse (Harian & Jam-an)	Soni		
24				Gabungan Pyranometer	pujo		
25			Albedometer	Radiasi Total /Global (Harian & Jam-an)	Soni		
26				Radiasi Nett	Soni		
27				Radiasi Reflect	Soni		
28				Gabungan Albedometer	pujo		
29				UV A	Dodi		
30			Pyreometer kipp & Zonen SGR4	UV B	Dodi		
31				Infra Merah	Dodi		
32	V	Kimia Hujan	ARWS (Mingguan)	Ph Orion, Ph Inolab, Ph kertas, DHL	Iman		
33			OBS (Harian)	Ph Orion, Ph Inolab, Ph kertas, DHL	Iman		
34	VI	Iklim/Cuaca	Konvensional GAW	F Klim Konvensional GAW	Tia		
35				Pengukuran Konvensional	Tia		
36				Kartu Hujan GAW	rendi		
37				Lama Penyinaran Matahari	Tia		
38			Pasadama	Fidim Pasadama	rendi		
39				Kartu Hujan Pasadama	rendi		
40			AAWS	F Klim AAWS	Ardi		
41				Suhu Rata-rata	Ardi		
42				Suhu Tanah Berumpuk	Ardi		
43				Suhu Max	Ardi		
44				Suhu Min	Ardi		
45				RH Rata-rata Permukaan	Ardi		
46				RH Max Permukaan	Ardi		
47				RH Min Permukaan	Ardi		
48				Pengukuran	Ridwan		
49				Photosynthetically Active Radiation (PAR)	Ridwan		
50			Anemometer	Modus Arah Angin Permukaan	Tia		
51				Kec Angin Rata-rata	Tia		
52			Barometer	Tekanan	Fajri		

Bukit Kototabang, Desember 2022
Koordinator laporan data bulanan
Andi Sulistiyono, S.Si

Tabel 2. Laporan Tata Usaha

No	Nama Laporan
1	Daftar Kegiatan Stasiun
2	Daftar Keadaan Pegawai
3	Daftar Surat Keputusan Kepegawaian yang belum diterima
4	Daftar Peralatan Stasiun
5	Daftar Persediaan Barang
6	Daftar Keadaan Bangunan kantor dan lainnya
7	Daftar Keadaan Rumah Dinas
8	Daftar Keadaan Kendaraan Dinas
9	Daftar Pelayanan Jasa
10	Daftar Rekapitulasi Pos Kerjasama

Menurut Ardana, Mujiati dan Utama (2012:39), deskripsi pekerjaan tersebut memberikan beberapa manfaat, antara lain:

1. Deskripsi pekerjaan membantu menghindari adanya kebingungan dan memberikan pemahaman dalam melaksanakan pekerjaan;
2. Dapat menghindari tumpang tindih tanggung jawab dalam melaksanakan tugas;
3. Memudahkan prosedur rekrutmen, seleksi, pelatihan dan berbagai aktivitas SDM;

4. Membantu pegawai dalam merencanakan karier, mengurangi praktik deskriminasi dalam promosi dan pemindahan serta memudahkan evaluasi pekerjaan untuk memastikan adanya keadilan dalam pemberian kompensasi;
5. Bermanfaat dalam program keselamatan kerja, dapat menunjukkan tindakan berbahaya dan mengadakan perubahan dalam pelaksanaan;
6. Deskripsi pekerjaan penting dalam perencanaan perubahan organisasi dan reorganisasi sesuai perkembangan keadaan;
7. Memberi arahan tentang pengalaman yang diperlukan untuk melaksanakan pekerjaan;
8. Untuk memperbaiki administrasi dan pengendalian pekerjaan.

Diambil dari hasil kesepakatan pada rapat bulanan bahwa pengumpulan laporan data dan laporan tata usaha yaitu maksimal pada tanggal 10 bulan berikutnya. Dalam melakukan observasi awal, penulis mengamati beban tugas yang diberikan sebagian besar telah diserap dengan memperhatikan *job description* yang dipahami oleh semua pegawai, tetapi masih ada beberapa kegiatan pekerjaan yang masih ditemukan kendala yaitu dalam progres pembuatan laporan dan waktu pengiriman laporan bulanan belum sesuai dengan waktu yang ditentukan. Dari hal ini maka tujuan dari tulisan ini adalah untuk mengetahui dan menginterpretasikan penerapan *job description* pada pegawai fungsional PMG dan pegawai pengadministrasian umum dalam kegiatan pelaporan data serta merumuskan kendala yang dihadapi beserta upaya-upaya yang telah dilakukan sebagai solusi yang telah diambil agar progres pembuatan dan pelaporan administrasi dan data teknis bulanan dapat terlaksana sesuai waktu yang telah ditentukan.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang dengan tujuan untuk mengetahui bagaimana penerapan mengenai *job description* pegawai terkait dengan pembuatan laporan administrasi dan laporan data teknis bulanan, serta dalam hal mengirimkan laporan bulanan tersebut pada waktu yang telah ditentukan. Data observasi dan informasi dihimpun dari periode Januari s/d November 2022 terhadap progres laporan bulanan yang disampaikan pada setiap rapat rutin bulanan stasiun. Teknik pengumpulan data dengan menggunakan observasi dan dokumen pendukung penelitian didapatkan dari bidang tata usaha dan bidang data dan informasi.

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian deskriptif kualitatif karena akan dicoba untuk menggambarkan mengenai *job description* pegawai Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang dalam pemenuhan tugas dalam pembuatan laporan bulanan administrasi dan data teknis bulanan.

3. Hasil dan Pembahasan

Penerapan *job description* pegawai di Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang berdasarkan surat keputusan Kepala Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang Nomor SK.014-b/KP.05.00/KAGM/IV/2022 tentang uraian tugas seluruh pegawai. Pada surat keputusan tersebut pada lampiran pertama memuat uraian tugas kepala subbagian tata usaha dan kordinator bidang selanjutnya lampiran kedua mengenai uraian *job description* kegiatan operasional. Berdasarkan surat keputusan dan deskripsi uraian tugas tersebut diketahui bahwa terkait pada pengumpulan dan pembuatan laporan data administrasi dan data teknis bulanan berada pada ranah subbidang tata usaha dan kordinator data dan informasi.

Jumlah pelaporan data administrasi setiap bulan sebanyak 10 laporan sedangkan untuk pelaporan data teknis setiap bulan adalah sebanyak 52 laporan. Terdapat 2 bentuk laporan data teknis yaitu laporan data dalam bentuk harian dan laporan data per jam.

Tabel 3. Target dan realisasi pelaporan data bulanan administrasi dan data teknis

	Bulan										
Target	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov
a.Tata Usaha (10 laporan =100%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
b.Laporan Data dan Informasi (52 Laporan = 100%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	Bulan										
Realisasi s/d tanggal 10	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov
a.Tata Usaha (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
b. Laporan Data dan Informasi (%)	94	98	95	96	100	98	100	96	100	98	100
	Bulan										
Realisasi > tanggal 10	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov
a.Tata Usaha (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
b. Laporan Data dan Informasi (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Seperti yang disampaikan oleh Rosidah (2009) bahwa ada 2 langkah pokok dalam analisis pekerjaan untuk menjadi pedoman dalam penerapan *job description* pegawai:

1. Penentuan tugas-tugas utama, kegiatan-kegiatan, perilaku-perilaku atau kewajiban-kewajiban yang akan dilaksanakan dalam sistem kepegawaian.
2. Penetapan, pengetahuan, kemampuan-kemampuan, kecakapan-kecakapan, dan beberapa karakteristik lainnya seperti faktor-faktor kepribadian, sikap, ketangkasan, atau karakteristik fisik dan mental yang diperlukan bagi pegawai yang dibutuhkan untuk pelaksanaan tugas-tugas.

Sejalan dengan hal diatas maka terdapat 14 pegawai pejabat PMG yang terlibat dalam pembuatan laporan bulanan tetapi tiap pegawai tersebut mempunyai beban tugas yang berbeda dalam jumlah pelaporan bulannya, sedangkan tugas pegawai pengadministrasian umum seperti yang terdapat pada tabel 2, pegawai yang membuat laporan bulanan data tata usaha sebanyak 2 orang. Seperti yang ada pada tabel 1 diketahui bahwa terdapat 6 kelompok besar parameter data yaitu parameter aerosol, gas reaktif, gas rumah kaca, solar radiasi, kimia air hujan dan iklim/cuaca yang mana pada masing-masing kelompok parameter tersebut terdiri dari beberapa unsur data. Pada tabel 1 ini diketahui

bahwa adanya perbedaan jumlah beban tugas dalam pembuatan laporan bulanan data teknis adalah didasarkan atas alat ukur dan kelompok parameter dari data tersebut. Hal ini didasarkan pada pengelompokan alat yang menyelenggarakan pengukuran pada kelompok parameter teknis sehingga agar tidak memakan waktu yang banyak dalam progress data yang keluar dari alat tersebut tidak melibatkan banyak pegawai. Selanjutnya untuk laporan tata usaha yang mempunyai 10 laporan bulanan tidak memerlukan pertimbangan jumlah masing-masing personil karena laporan tersebut tidak berhubungan dengan progres laporan tata usaha lainnya.

Hasil monitoring jumlah laporan bulanan tata usaha dan data teknis seperti yang terdapat pada tabel 3 di atas diketahui bahwa realisasi laporan sampai dengan tanggal 10 bulan berjalan, untuk laporan data tata usaha mencapai 100% pada setiap bulannya, sedangkan untuk pelaporan data teknis pada periode tersebut rata-rata persentase sebesar 97%. Dari hasil analisis penulis terkait tercapainya realisasi 100% pada tanggal 10 bulan berjalan untuk laporan tata usaha adalah karena pada bidang ketatausahaan data yang dilaporkan tidak selalu mengalami perubahan didatanya, dengan kata lain tidak sering terjadi perubahan yang besar terhadap data laporan tersebut. Untuk laporan bulanan teknis persentase 100 % hanya terjadi pada 4x dari 11 bulan pada periode hingga tanggal 10 bulan berjalan. Dari pandangan penulis terhadap capaian tidak 100% pada tanggal 10 bulan berjalan pada laporan teknis bisa disebabkan dari keadaan *intern* dan *ekstern*. Untuk keadaan *intern* pada pegawai PMG bisa ditimbulkan dari aktifitas pekerjaan lainnya yang menumpuk personal pegawai sedangkan dari faktor *ekstern* bisa berasal dari keadaan alat penghasil data laporan dan perlunya verifikasi terhadap data yang dikeluarkan oleh perangkat alat tersebut. Pada jurnal internasional oleh Dr. Rahul Kharabe and Jonathan S. Joseph (2016) menerangkan bahwa salah satu hambatan disebutkan bahwa adanya rangkap *job description* pegawai menyebabkan pegawai kurang fokus dalam menyelesaikan tugas kerja yang utama.

Upaya yang telah dilakukan untuk mengatasi hambatan-hambatan yaitu melalui perekrutan pegawai baru menjadi tambahan personil sumber daya manusia yang dapat membantu menyelesaikan pekerjaan sehingga meringankan beban kerja pegawai lama. Serta monitoring yang dilakukan pada setiap kegiatan pertemuan rapat bulanan untuk membahas progres dan hambatan dalam pembuatan laporan bulanan yang dibuat tiap pegawai.

Dari hasil observasi dan analisis yang telah dilakukan penulis bahwasanya penerapan *Job Descripton* terkait pemenuhan laporan bulanan tata usaha dan teknis pada pegawai di Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang telah menerapkan *job description* dalam hal tugas dan tanggung jawab pegawai sampai kepada pembagian kerja sesuai dengan kemampuan dan minat dari pegawai, dengan tujuan agar pegawai bisa bertanggung jawab sesuai dengan kebutuhan instansi agar bisa bekerja sesuai dengan pekerjaan yang diberikan. Selanjutnya disebutkan bahwa ada beberapa karakteristik dilihat dari segi pendidikan, pengalaman kerja, kepribadian, dan kemampuan dalam pembuatan *Job Descripton* terkait pemenuhan laporan bulanan.

4. Kesimpulan

Bentuk *job description* yang tertuang pada Surat Keputusan Kepala Stasiun Nomor SK.014-b/KP.05.00/KAGM/IV/2022, dalam hal pembagian kerja pembuatan laporan bulanan pegawai dilakukan dengan melihat kemampuan pegawai telah sesuai dari segi pendidikan, pengalaman kerja, kepribadian, dan kemampuan sehingga pekerjaan yang diberikan dapat dikerjakan dengan baik dan benar. Kurangnya jumlah realisasi laporan bulanan tidak lepas dari hambatan dalam kegiatan pembuatan pelaporan bulanan sehingga diperlukan suatu kegiatan untuk selalu memonitoring dan koordinasi terkait progres laporan data teknis tiap bulan.

Upaya yang dilakukan untuk mengatasi hambatan penerapan *job description* pegawai di Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang yaitu penambahan pegawai baru dari CPNS Umum dan CPNS STMKG, peningkatan kualitas sumber daya manusia melalui belajar mandiri, melakukan koordinasi dalam penerapan *job description* pegawai, dan melakukan revisi data *job description* pegawai.

5. Sasan

Berdasarkan hasil penulisan tersebut untuk dijadikan saran untuk kepala Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang yaitu pimpinan harus terus melakukan koordinasi kepada pegawai dalam penerapan *job description* dan pengusulan pelaksanaan diklat dan mengadakan kegiatan *gathering* yang bertujuan untuk menjaga kekompakan sesama pegawai. Bagi pegawai yaitu sebaiknya pegawai lebih giat meningkatkan kreativitas, pegawai sebaiknya selalu mengembangkan kemampuan dan keterampilan potensi dirinya dengan cara mengikuti pelatihan, dan pegawai sebaiknya meningkatkan kerja sama dan membudayakan saling membantu.

Daftar Pustaka

- Ambar, T. Sulistiyani., & Rosidah. (2009). *Manajemen Sumber Daya Manusia*. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- Ardana, IK., Mujiati, N.W. (2012). *Manajemen Sumber Daya Manusia*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Daryanto, A. (2013). *Pengantar Ilmu Manajemen dan Komunikasi*. Jakarta: Prestasi Pustaka.
- IRACST. (2016). *Job Description, Job Analysis, Its Impact on Productivity. International Journal of Commerce, Business and Management*, 5 (5) .
- Rivai, V. (2009). *Manajemen Sumber Daya Manusia Untuk Perusahaan Dari Teori ke Praktik*. Jakarta: Raja Grafindo Persada
- Suryani, I.M., Sulistyaningrum, C.D., & Murwaningsing, T. (2018). Analisis Penerapan Job description Pegawai (Studi Kasus di Pengadilan negeri Surakarta Kelas IA Khusus). *Jurnal Informasi dan Komunikasi Administrasi Perkantoran*, 2 (5).