

SBK

SUARA BUKIT KOTOTABANG



SUSUNAN REDAKSI

Penanggung Jawab

Sugeng Nugroho, M.Si

Redaktur Pelaksana

Reza Mahdi, ST

Darmadi, ST

Editor

Rinaldi, A.Md

Ikhsan Buyung Arifin, S.Tr

Tanti Tritama Okaem, S.Si

Desain Grafis & Fotografer

Andi Sulistyono, S.Si

Soni Miftah Pratama, S.Tr

Dodi Saputra, S.Si

Sekretariat

Dhiyaul Qalbi Syofyan, S.Tr

Diko Revano Umbara, SE

Dwiky Pujo Pratama, S.Tr

Rendi Septa Davi, S.Tr

Fajri Zulgino, ST

Quartha Rivaldo, S.Tr

Ibrahim

KONTAK REDAKSI

Stasiun Pemantau Atmosfer Global (GAW)

Bukit Kototabang

Jln. Raya BukitTinggi-Medan Km.17 Palupuh

Kab. Agam Sumatera Barat

PO BOX 11 Bukittinggi 26100

Telp/Fax: 0752-7446449, 7446089

Email : stagaw.kototabang@bmkkg.go.id

Website : <https://www.gawbkt.id/>

COVER STORY



*Dokumentasi Kegiatan
di Stasiun Pemantau
Atmosfer Global Bukit
Kototabang
selama 25 tahun.*

- 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. 13 (2021) ini dapat terbit dan terwujud.

Pada edisi ini sedikit berbeda dengan edisi-edisi sebelumnya karena majalah edisi kali ini spesial ulang tahun SPAG Bukit Kototabang yang ke 25. 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 GAW Bukit Koto Tabang secara khusus dan BMKG secara umum.

Bukit Kototabang, Desember 2021

Kepala Stasiun
Pemantau Atmosfer Global
Bukit Kototabang

Sugeng Nugroho

DAFTAR KARYA TULIS

	Halaman
POTENSI SERAPAN CO₂ PADA KAWASAN HUTAN KONSERVASI BUKIT KOTOTABANG SERTA MITIGASI PERUBAHAN IKLIM <i>Tanti Tritama Okaem, Novi Yendri Sudiar</i>	1 - 8
PEMODELAN SEBARAN KARBON HITAM MENGGUNAKAN WRF-CHEM SELAMA KEBAKARAN HUTAN DI SUMATERA BARAT TANGGAL 16 – 20 OKTOBER 2017 <i>Dhiyaul Qalbi, Dodi Saputra</i>	9 - 15
PERANCANGAN SISTEM OTOMATISASI AKUISISI DATA PERALATAN OPERASIONAL DI STASIUN PEMANTAU ATMOSFER GLOBAL BUKIT KOTOTABANG <i>Reza Mahdi</i>	16- 24
UJI PERFORMA DAN EVALUASI PROTOTIPE LOW-COST SENSOR AIR QUALITY (LCSAQ) UNTUK PENGUKURAN PM_{2.5} DAN PM₁₀ <i>Soni Miftah Pratama, Tritama Okaem, Ridwan</i>	25 – 34
HUBUNGAN KARAKTERISTIK SUHU UDARA DAN CURAH HUJAN TERHADAP TINGKAT PRODUKTIVITAS KOPI DI KABUPATEN AGAM <i>Quartha Rivaldo</i>	35 – 43
PERBANDINGAN PM_{2,5} DAN PM₁₀ PADA HASIL PENGUKURAN DI STASIUN PEMANTAU ATMOSFER GLOBAL, BUKIT KOTOTABANG <i>Rinaldi</i>	44 – 51
VARIASI KONSENTRASI KARBON MONOKSIDA DI BUKIT KOTOTABANG TAHUN 2016-2020 <i>Ikhsan Buyung Arifin, Dwiky Pujo Pratama</i>	52 - 58
STUDI TRASPORT MATERI SECARA VERTIKAL DENGAN DATA BOUNDARY LAYER RADAR TERHADAP KONSENTRASI PM₁₀ DI STASIUN GAW BUKIT KOTOTABANG <i>Andi Sulistiyono</i>	59 - 67
ANALISIS PEMETAAN STAKEHOLDER EKSTERNAL PADA STASIUN PEMANTAU ATMOSFER GLOBAL BUKIT KOTOTABANG <i>Diko Revano Umbara</i>	68 - 75

POTENSI SERAPAN CO₂ PADA KAWASAN HUTAN KONSERVASI BUKIT KOTOTABANG SERTA MITIGASI PERUBAHAN IKLIM

Tanti Tritama Okaem¹, Novi Yendri Sudiar²

¹*Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang, Sumatera Barat*

²*Research Center for Climate Change Universitas Negeri Padang (RCCC-UNP)*
Email: tantitritama@gmail.com

ABSTRAK

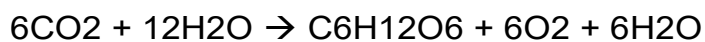
Laju kandungan CO₂ di udara tidak bisa dihindari dengan kenaikan signifikan dalam kurun waktu 20 tahun terakhir, yaitu dengan konsentrasi rata-rata CO₂ global 412ppm pada tahun 2020. Kandungan CO₂ yang meningkat mengakibatkan terjadinya perubahan iklim global. Kajian ini menganalisis potensi serapan CO₂ dengan melihat *Photosynthetically Atmospheric Radiation* (PAR) pada kawasan hutan konversi Bukit kototabang, serta mitigasi terhadap perubahan iklim. Penyerapan CO₂ oleh tumbuhan relative terjadi pada siang hari dikarenakan tumbuhan membutuhkan CO₂ untuk fotosintesis seiring dengan meningkatnya PAR. Mitigasi perubahan iklim berdasarkan jenis tumbuhan diantaranya yaitu daun tua (yang masih produktif) umumnya memiliki kemampuan dalam penyerapan CO₂ lebih tinggi dari pada daun muda. Hal lainnya yaitu tebal daun, daun tua umumnya lebih tebal daripada daun muda

Kata Kunci : *Karbon Dioksida (CO₂), Photosyntetically Active Radiation (PAR), Fotosintesis*

1. PENDAHULUAN

Kandungan gas karbondioksida (CO₂) di atmosfer terus mengalami peningkatan. Kandungan CO₂ rata-rata global di udara pada tahun 1980 adalah 339 ppm, selama 20 tahun berturut-turut CO₂ mengalami peningkatan yang signifikan yaitu tahun 2000 dan 2020 sebesar 369 ppm dan 412 ppm [1]. Kandungan CO₂ yang meningkat mengakibatkan terjadinya perubahan iklim global. Salah satu bentuk mitigasi terhadap perubahan iklim dapat dilakukan dengan mengurangi konsumsi bahan bakar fosil dan meningkatkan jumlah tutupan hutan di permukaan bumi.

Hutan yang didominasi oleh pepohonan sangat berperan dalam upaya penyerapan konsentrasi CO₂ di atmosfer melalui proses fotosintesis. Gas CO₂ akan diserap oleh daun melalui stomata yang selanjutnya dengan pasokan energi *Photosynthetically active radiation* (PAR) dari sinar matahari, akan dikonversi menjadi karbohidrat (C₆H₁₂O₆), oksigen (O₂) dan air (H₂O) [2]. Seperti reaksi berikut ini:



Tanaman memerlukan radiasi matahari dalam proses fotosintesis untuk tumbuh dan berkembang. Gelombang elektromagnetik yang berasal dari radiasi matahari dengan panjang gelombang 400 – 700 nm digunakan oleh tumbuhan untuk proses fotosintesis disebut sebagai *Photosynthetically active radiation* (PAR) [3]. Panjang gelombang PAR lebih kurang berada pada panjang gelombang sinar tampak. Besarnya nilai PAR yang dimanfaatkan oleh tanaman berkisar 40-50% dari nilai radiasi matahari total yang diterima oleh permukaan bumi [4]. Energi PAR akan selalu diserap selama fotosintesis dan diubah menjadi energi kimia untuk pertumbuhan biomassa organ tanaman [5]. Potensi penyerapan CO₂ melalui proses fotosintesis ini salah satunya pada kawasan hutan tropis Bukit Kototabang.

Bukit Kototabang memiliki area vegetasi (30 km) yang sebagian besar berupa hutan tropis. Kawasan ini memiliki temperatur yang bervariasi yaitu 16 sampai 25 °C. Salah satu stasiun yang melakukan pengamatan kualitas udara di Bukit kototabang adalah Stasiun Pemantau Atmosfer Global–BMKG yang biasa disingkat dengan SPAG Bukit kototabang, stasiun yang berada pada ketinggian 864.5 mdpl dengan koordinat 0° 12' 07" LS – 100° 19' 05" BT serta berada didaerah ekuatorial [6]. Hutan alami yang berada pada kawasan ini sangat perlu dipertahankan ekosistem tumbuhannya sebagai upaya mitigasi perubahan iklim.

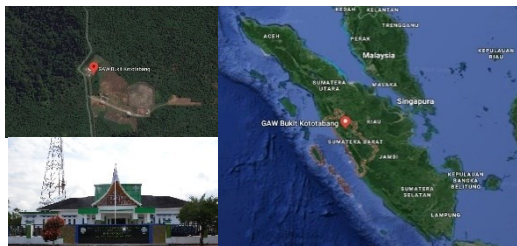
Kemampuan penyerapan CO₂ diudara tentunya akan berbeda untuk setiap tanaman. Beberapa kajian telah dilakukan terhadap beberapa jenis tanaman dalam penyerapan CO₂. Diantaranya jenis tumbuhan yang tergolong suku talas-talasan (*Araceae*), ada 5 jenis tumbuhan lantai hutan yang diteliti dan hasil tulisannya yaitu pada umumnya daun tua dari seluruh jenis yang

diukur, memiliki kandungan klorofil dan kemampuan penyerapan CO₂ lebih tinggi dari pada daun muda. Tingginya kandungan klorofil daun di antara jenis tumbuhan tidak selalu diikuti dengan tingginya penyerapan CO₂. Namun di dalam satu jenis, tingginya klorofil daun akan diikuti pula dengan tingginya penyerapan CO₂ di udara [7].

Tujuan dari tulisan ini adalah untuk melihat potensi serapan CO₂ dengan melihat *Photosynthetically Active Radiation* (PAR) pada kawasan hutan konservasi Bukit kototabang, serta mitigasi terhadap perubahan iklim. Mitigasi perubahan iklim dengan menganalisis jenis tanaman dan factor yang mempengaruhi pada penyerapan CO₂ di udara. Diharapkan dari tulisan ini dapat menyumbangkan pemikiran ataupun tambahan informasi dalam bentuk mitigasi perubahan iklim dengan penyerapan CO₂ oleh tumbuhan.

2. METODE TULISAN

Data yang digunakan dalam tulisan ini adalah data konsentrasi CO₂ dan data *Photosynthetically Active Radiation* (PAR) pengukuran pada Stasiun Pemantau Atmosfer Global (SPAG) Bukit Koto Tabang. Data yang digunakan pada tulisan ini yaitu data tahun 2021 pada bulan Januari hingga November.



Gambar 1. Lokasi Stasiun Pemantau Atmosfer Global (SPAG) Bukit Koto Tabang

Stasiun Pemantau Atmosfer Global (SPAG) Bukit Koto Tabang mengukur konsentrasi CO₂ dengan menggunakan Analyser Picarro G2401. Analyzer ini digunakan untuk pengukuran parameter CO₂, CO, CH₄ dan H₂O di udara. Picarro G2401 merupakan peralatan untuk pemantauan gas rumah kaca yang direkomendasikan oleh WMO. Instrumen ini memiliki drift rendah, presisi dan akurasi yang tinggi. Instrumen ini menggunakan metode *Cavity Ring Down Spectroscopy* (CRDS) yaitu menggunakan spektrometer inframerah dengan memiliki tiga cermin yang menganalisis profil laju peluruhan dari sinyal laser yang panjang gelombangnya diserap oleh gas relatif. Rongga/*cavity* memiliki panjang jalur 25 cm, dan setelah sinyal laser mencapai tingkat ambang, siklus cahaya sekitar seratus ribu kali dalam rongga selama proses peluruhan. Siklus tersebut menghasilkan panjang jalur penyerapan sekitar 20km sehingga memungkinkan untuk model CRDS G2401 Picarro mengukur gas rumah kaca hingga sensitivitas bagian-per-miliar (ppbv) [8]. Data keluaran analyser picarro G2401 berupa data per 10 detik, data kemudian dibuatkan agregat data jaman dan harian untuk analisis.

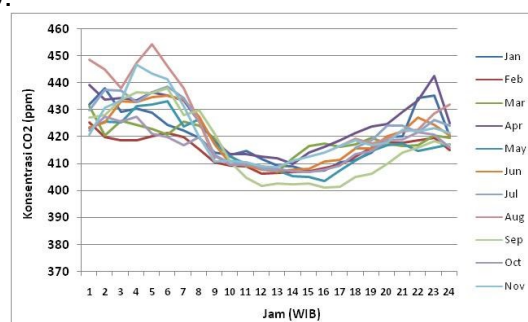
Pengukuran *Photosyntetically Active Radiation* (PAR) dilakukan dengan menggunakan PAR Radiometer, sensor ini terintegrasi di dalam instrumen AAWS (*Agroclimate Automatic Weather Station*) [9]. AAWS merupakan seperangkat alat atau instrumen yang digunakan untuk mengamati kondisi atau perubahan cuaca, iklim dan atmosfer di suatu wilayah dan merekamnya kedalam bentuk data. Setelah direkam, data tersebut disimpan kedalam data logger. Data yang dihasilkan merupakan data per sepuluh menit kemudian dibuat menjadi agregat per jam dan per hari untuk tahapan analisis selanjutnya.

Pada tulisan ini dilakukan analisis penyerapan kandungan CO₂ dan pengaruhnya terhadap *Photosynthetically Active Radiation* (PAR) di Bukit Koto Tabang. Langkah mitigas perubahan iklim dengan menganalisis jenis-jenis tanaman dengan beberapa penelitian relevan dan faktor-faktor yang mempengaruhi tanaman dalam penyerapan CO₂ di udara.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

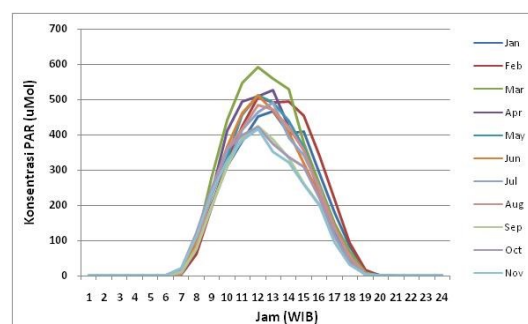
a. Konsentrasi CO₂ terhadap PAR

Tren konsentrasi CO₂ dapat dilihat pada Gambar 2. Grafik diurnal jam-jaman digunakan untuk melihat tren konsentrasi CO₂ dalam rentang waktu 24 jam. Konsentrasi CO₂ mulai mengalami penurunan pada jam 08.00 pagi dan meningkat kembali pada pukul 18.00. Sedangkan pada malam dan pagi hari konsentrasi CO₂ mengalami peningkatan. Tren konsentrasi ini memiliki pola yang sama dari Januari hingga November 2020.



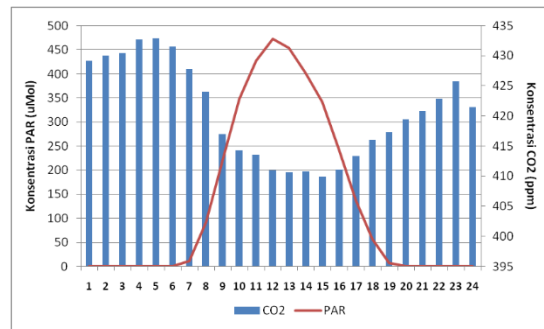
Gambar 2. Grafik diurnal Konsentrasi CO₂

Konsentrasi CO₂ mengalami penurunan pada siang hari dikarenakan adanya penyerapan CO₂ oleh tumbuhan yang digunakan untuk melakukan fotosintesis. Penyerapan CO₂ oleh tanaman saat berfotosintesis dengan melihat *Photosynthetically Active Radiation* (PAR) dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik diurnal konsentrasi PAR

Nilai PAR mulai naik seiring dengan adanya radiasi matahari, pada grafik terlihat mulai pukul 08.00 pagi konsentrasi PAR sudah mulai meningkat dan menurun kembali pada pukul 18.00. Konsentrasi PAR memiliki puncak pada pukul 11.00 hingga 13.00 dimana pada waktu ini merupakan radiasi matahari sempurna. Pola yang sama juga ditunjukkan setiap bulannya pada tahun 2020.

Gambar 4. Hubungan CO₂ dan PAR

Pada Gambar 4 terlihat hubungan antara CO₂ dengan *Photosynthetically Active Radiation* (PAR) berbanding terbalik. Dimana konsentrasi CO₂ turun sedangkan konsentrasi PAR naik, sebanding dengan banyaknya penyerapan CO₂ oleh tumbuhan yang relative terjadi pada siang hari.

b. Faktor abiotik pada ekosistem tumbuhan terhadap serapan CO₂

Faktor-faktor yang mempengaruhi serapan CO₂ pada tanaman, diantaranya yaitu:

- Cahaya

Total sinar matahari yang mencapai atmosfer ialah sebesar 1,95 g cal cm⁻² menit⁻¹ yang disebut *solar constant*. Solar constant merupakan tingkat di mana energi sinar matahari diterima di lapisan luar atmosfer bumi [10]. Setengah dari total energi cahaya matahari yang mencapai permukaan bumi adalah sinar tampak. Daun-daun tajuk hutan akan mentransmit 10–25% sinar tampak yang diterimanya. Namun, kualitas radiasi yang mencapai lantai hutan sangat tergantung pada sifat optikal dari daun di tajuk hutan. Hubungan antara pengaruh cahaya matahari dan pertumbuhan tanaman dikontrol oleh system pigmen yang dikenal dengan *phytochrome* yang tersusun dari *chromophore* dan protein. Chromophore adalah bagian yang peka terhadap cahaya matahari.

- Suhu

Di hutan proses fotosintesis masih dapat berlangsung hingga suhu udara 0 °C, hal ini terjadi karena pada suhu tersebut jaringan-jaringan tanaman masih memperoleh panas dari sinar matahari oleh radiasi permukaan bumi sehingga proses fotosintesis masih berlangsung hingga 70%. Begitu suhu meningkat, aktivitas tanaman akan meningkat hingga mencapai batas optimum, namun kemudian menurun hingga mencapai suhu kematian panas (*heat killing temperature*) [11]

- Kelembaban

Kelembaban adalah kandungan uap air yang terdapat di suatu medium (tanah atau udara). Kelembaban ini sangat erat kaitannya dengan laju transpirasi tumbuhan. Dimana semakin tinggi kelembaban maka laju transpirasinya semakin menurun dan begitu juga sebaliknya. Ketika laju transpirasi cepat maka laju fotosintesis juga akan meningkat. Ketika laju transpirasi rendah maka laju fotosintesis juga akan cenderung mengalami penurunan [11]. Kelembaban udara di SPAG diatas 90 %.

c. Mitigasi perubahan iklim

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Mansur, dkk, (Tabel 1) bahwa dari setiap jenis pohon yang diukur, daun tua (yang masih produktif) umumnya memiliki kemampuan dalam penyerapan CO₂ lebih tinggi dari pada daun muda [12]. Hal ini

juga berlaku pada jenis tumbuhan lainnya, seperti jenis buah-buahan [13], pohon pionir hutan sekunder [14], tumbuhan bawah lantai hutan [15] dan kantong semar [16]. Pada umumnya daun muda menunjukkan kandungan klorofil lebih rendah daripada daun tua. Demikian pula dengan tebal daun, daun tua umumnya lebih tebal daripada daun muda, adanya hubungan positif antara tebal daun dengan kandungan klorofil, ada kecenderungan semakin tebal daun maka semakin tinggi kandungan klorofilnya [12]

Tabel 1. Penyerapan CO₂ tumbuhan

Bagian Tumbuhan	Penyerapan CO ₂	
	muda	tua
Umur daun		>>
Kandungan klorofil		>>
Tebal Daun		>>

Tabel 2. Estimasi Penyerapan CO₂

Umur tanaman	Penyerapan CO ₂
< 2 tahun	kecil
5 tahun	menengah
> 10 tahun	besar

Penyerapan CO₂ diperkirakan dengan umur tanaman berdasarkan tabel 2. Sebagai langkah mitigasi perubahan iklim salah satunya dengan menanam tumbuhan, dengan estimasi umur tanaman yang masih muda memiliki kemampuan penyerapan CO₂ yang masih sedikit, sedangkan umur tanaman yang tua akan menyerap CO₂ lebih besar.

Berdasarkan data Bappeda Provinsi Sumatera Barat tahun 2016 luas kawasan hutan di kabupaten Agam untuk KSA-KPA (Kawasan Suaka Alam-Kawasan Pelestarian Alam) 26.563 Ha, HL (Hutan Lindung) 20.711 Ha, HPT (Hutan Produksi Terbatas) 7.704 Ha, HPK (Hutan Produksi yang dapat Dikonversi) 8.820 Ha. Selain itu kawasan Suaka Alam, Pelestarian Alam dan Cagar Budaya Batang Palupuh, di kabupaten Agam seluas 3,4 Ha. Konsentrasi CO₂ harian berdasarkan serapan CO₂ oleh tumbuhan dan hutan di SPAG Bukit Kototabang, kabupaten Agam dapat dilihat pada Tabel 3. Serapan CO₂ yang digunakan untuk fotosintesis oleh tumbuhan sebesar 13.71ppm perhari.

Tabel 3. Konsentrasi CO₂ harian

	Konsentrasi CO ₂
pukul 00-07 dan 19-23	426,88ppm
pukul 08-18	413,17ppm

Serapan CO₂ pada siang hari ini berperan dalam menahan lajunya kenaikan CO₂ yang menyebabkan terjadinya perubahan iklim. Untuk itu peran kita menjaga dan melindungi hutan, dan juga menanam tumbuhan dan merawatnya untuk menyerap kandungan CO₂ di udara.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan terhadap potensi serapan CO₂ pada kawasan hutan konservasi Bukit kototabang diperoleh hubungan antara CO₂ dengan *Photosynthetically Active Radiation* (PAR) berbanding terbalik. Dimana konsentrasi CO₂ turun pada pukul 08.00 pagi dan naik kembali pukul 18.00, sedangkan nilai PAR naik diwaktu yang sama, sebanding dengan banyaknya penyerapan CO₂ oleh tumbuhan yang relative terjadi pada siang hari. Serapan CO₂ yang digunakan untuk fotosintesis oleh tumbuhan sebesar 13.71ppm perhari.

Mitigasi perubahan iklim berdasarkan jenis tumbuhan yang beragam dapat dipilih berdasarkan penelitian yang telah dilakukan diantaranya yaitu daun tua (yang masih produktif) umumnya memiliki kemampuan dalam penyerapan CO₂ lebih tinggi dari pada daun muda. Hal lainnya yaitu tebal daun, daun tua umumnya lebih tebal daripada daun muda, adanya hubungan positif antara tebal daun dengan kandungan klorofil dimana semakin tebal daun maka semakin tinggi kandungan klorofilnya.

Daftar Pustaka

- [1] Trends in Atmospheric Carbon Dioxide. https://gml.noaa.gov/webdata/ccgg/trends/co2/co2_mm_gl.txt. Diakses 06 November 2021
- [2] Mansur, M., 2017. Potensi Serapan CO₂ pada beberapa jenis kantong semar (*Nepenthes* spp) dataran rendah. *Berita Biologi* 16 (I)-April 2017
- [3] Monteith, J.L., 1972. Solar Radiation and Productivity in Tropical Ecosystems. *Journal of Applied Ecology* 9, 747–766. <https://doi.org/10.2307/2401901>
- [4] Yu, X., Wu, Z., Jiang, W., Guo, X., 2015. Predicting daily photosynthetically active radiation from global solar radiation in the Contiguous United States. *Energy Conversion and Management* 89, 71–82. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2014.09.038>
- [5] Malhi, Y., Doughty, C.E., et al. 2015. The linkages between photosynthesis, productivity, growth and biomass in lowland Amazonian forests. *Global Change Biology* 21, 2283–2295. <https://doi.org/10.1111/gcb.12859>.
- [6] gawbkt.id. Tentang GAW. https://gawbkt.id/index.php/c_profil/ttgkami. Diakses 04 November 2021
- [7] Muhammad Mansur. 2012. Potensi Serapan Karbondioksida (CO₂) pada Beberapa Jenis Tumbuhan Lantai Hutan Dari Suku Araceae di Taman Nasional Gunung HalimunSalak, Jawa Barat. *Jurnal Biologi Indonesia* 8(2): 269-278
- [8] Picarro. 2010. G2401 Gas Concentration Analyzer Measure CO, CO₂, CH₄ and H₂O. Picarro, Inc
- [9] Kurniawan, A. 2015. Perbandingan Pengukuran Photosynthetically Active Radiation (Par) Secara Langsung Dan Tak Langsung Dalam Periode Singkat Di Spag Bukit Kototabang. *Megasains*. *Megasains* 6(1): 015-025

- [10] Allen, R. G., et al. 1998. Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements FAO Irrigation and drainage paper 56. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome: Italy
- [11] Utomo, B. 2006. Hutan Sebagai Masyarakat Tumbuhan Hubungannya dengan Lingkungan. USU: Sumatera Utara
- [12] Muhammad Mansur & Bayu Arief Pratama. 2014. Potensi Serapan Gas Karbondioksida (CO₂) Pada Jenis-Jenis Pohon Pelindung Jalan. Jurnal Biologi Indonesia 10(2): 149-158 (2014)
- [13] Hidayati, N., M. Reza, T. Juhaeti & M. Mansur. 2011. Serapan Karbondioksida (CO₂) Jenis-Jenis Pohon di Taman Buah 'Mekar Sari' Bogor, Kaitannya dengan Potensi Mitigasi Gas Rumah Kaca. J. Biologi Indonesia 7(1): 133-145
- [14] Mansur, M., N. Hidayati & T. Juhaeti. 2011. Struktur dan Komposisi Vegetasi Pohon serta Estimasi Biomassa, Kandungan Karbon dan Laju Fotosintesis di Taman Nasional Gunung Halimun-Salak. J. Tek. Lingkungan 12(2): 161-169.
- [15] Mansur, M. 2012a: Potensi Serapan Karbondioksida (CO₂) pada Beberapa Jenis Tumbuhan Lantai Hutan Dari Suku Araceae Di Taman Nasional Gunung Halimun-Salak, Jawa Barat. J. Biol. Indon. 8(2): 269-278.
- [16] Mansur, M. 2012b. Laju penyerapan CO₂ pada kantong semar (*Nepenthes gymnamphora* Nees.) di Taman Nasional Gunung Halimun-Salak, Jawa Barat. J. Tek. Lingkungan 13(1): 59-65

PEMODELAN SEBARAN KARBON HITAM MENGGUNAKAN WRF-CHEM SELAMA KEBAKARAN HUTAN DI SUMATERA BARAT TANGGAL 16 – 20 OKTOBER 2017

Dhiyaul Qalbi Syofyan, Dodi Saputra

Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang, Sumatera Barat

ABSTRAK

Kebakaran hutan yang terjadi bulan Oktober 2017 lalu mengakibatkan dampak buruk terhadap masyarakat di Provinsi Sumatera Barat baik dari segi kesehatan maupun perekonomian lokal. Berdasarkan data citra satelit milik Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG), terdapat 21 titik api (*hotspot*) yang disinyalir menjadi pemicu kebakaran hutan di Sumatera Barat. Karbon Hitam merupakan salah satu emisi utama yang terkandung didalam kabut asap hasil kebakaran hutan disamping ozon permukaan. Emisi tersebut dapat disimulasikan pola dan daerah sebaran serta konsentrasinya di setiap wilayah dengan menggunakan *Weather Research Forecasting* digabung dengan *Chemistry version 3.9.1.1* (WRF – Chem V3.9.1.1). Model ini dijalankan dengan data *Fire Inventory from NCAR version 1.5* (FINN V1.5) sebagai masukan data pembakaran biomassa. Data numerik model WRF – Chem pada titik yang sama dengan koordinat Stasiun *Global Atmosphere Watch* (GAW) Bukit Kototabang dilakukan analisis korelasi dan RMSE untuk parameter karbon hitam dan Ozon Permukaan. Sebagai langkah analisis lebih lanjut, dilakukan perbandingan data hasil sebaran dengan citra satelit *National Oceanic and Atmospheric Administration Moderate – resolution Imaging Spectroradiometer Visible Infrared Imaging Radiometer Suite – Suomi National Polar – orbiting Satellite System* (NOAA MODIS S – NPP).

Kata kunci: Karbon Hitam, Ozon Permukaan, WRF – Chem, MOSAIC, FINN, Kebakaran hutan

1. PENDAHULUAN

Karbon Hitam (*Black Carbon*) merupakan bagian dari *Volatile Organic Compound* (VOC) yang merupakan emisi yang diperoleh dari interaksi pembakaran yang melibatkan Ozon Permukaan (*Surface Ozone*) sebagai katalis terutama pembakaran tumbuhan. Salah satu kebakaran hutan besar yang terjadi di Sumatera Barat adalah pada tanggal 19 Oktober 2017. Tercatat sebanyak 21 titik api terdeteksi oleh satelit BMKG yang tersebar di wilayah timur Sumatera Barat dan 25 titik di Provinsi Riau (riaugreen.com).

Pemodelan WRF – Chem akan membantu dalam prediksi sebaran partikel Karbon serta bagaimana interaksinya terhadap komposisi atmosfer dalam *heterogeneous reaction* (reaksi kimia antar molekul yang sama) (Li, dkk., 2005), yaitu proses dari interaksi Karbon Hitam dalam bentuk aerosol dengan partikulat lain yang berada di atmosfer dalam fase yang berbeda. Dengan hasil luaran dari WRF – Chem, peneliti akan mendapat gambaran *trajectory* dari kabut asap di wilayah Sumatera Barat pada tanggal 16 – 20 Oktober 2017.

2. METODOLOGI

a. Pemodelan WRF – ChemV3.9.1.1

Metode utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan aplikasi WRF – Chem versi 3.9.1.1 yang dipasang pada *platform* ubuntu.

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: 38 σ 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)

Chemistry	
Chemistry option	CBMZ and MOSAIC using 4 sectional aerosol bins
Biogenic emission	MEGAN biogenic emissions online based upon the weather, land use data (Guenther et al., 2006)
Biomass burning	Biomass burning emissions (Fire Inventory from the National Center for Atmospheric Research (NCAR) version 1: FINN, Wiedinmyer et al. (2011)
Input data	
Land use	USGS
Albedo	NCEP
Boundary conditions Chemistry	MOZART – 4 (global CTM)

b. Korelasi Pearson

Metode kuantitatif dilakukan dengan mencari korelasi Pearson (Pearson dan Lee, 1908) nilai Karbon Hitam maksimum antara model WRF – Chem dengan data observasi GAW Bukit Kototabang. Nilai konsentrasi Karbon Hitam dari kedua model dianalisis dengan menggunakan persamaan berikut.

$$r_{xy} = \frac{\sum_{n=1}^N (F_n - \bar{F}) \times (Y_n - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{n=1}^N (F_n - \bar{F})^2 \times \sum_{n=1}^N (Y_n - \bar{Y})^2}} \quad (1)$$

Keterangan:

r_{xy}	=	korelasi antara variabel X dan Y
\bar{F}	=	nilai rata-rata prediksi WRF
F_n	=	nilai prediksi WRF pada data ke – n
\bar{Y}	=	nilai rata-rata observasi
Y_n	=	nilai prediksi observasi

c. Root Mean Square Error (RMSE)

Digunakan juga *Root Mean Square Error* (RMSE) untuk mengetahui seberapa besar galat antara prediksi konsentrasi BC maksimum dari kedua model tersebut. Perhitungan menggunakan RMSE (Wilks, 1995) dinyatakan dalam rumus berikut.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{n=1}^N (F_n - Y_n)^2} \quad (2)$$

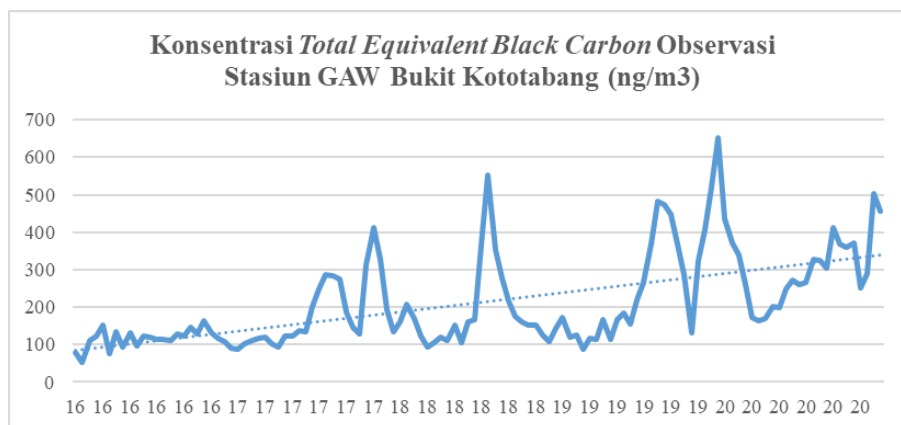
Keterangan:

F_n	=	nilai prediksi WRF pada data ke – n
Y_n	=	nilai prediksi observasi ke – n

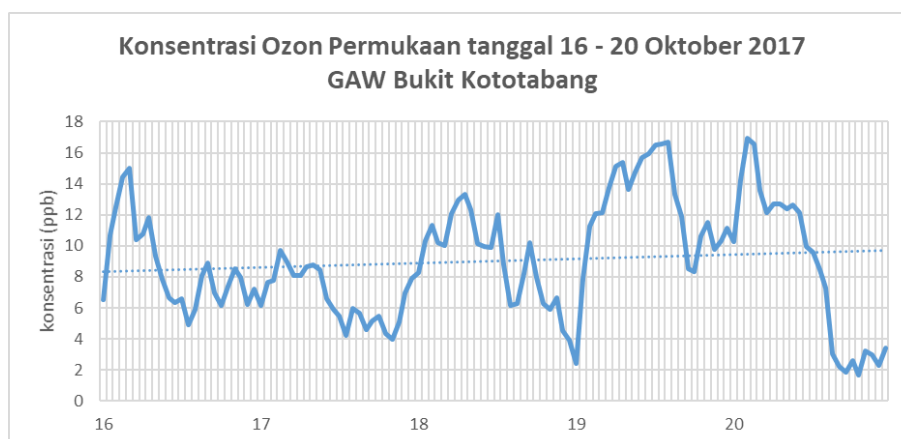
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Konsentrasi Karbon Hitam observasi GAW Bukit Kototabang

Pengolahan data Karbon Hitam dan Ozon Permukaan hasil observasi alat di Stasiun GAW Bukit Kototabang menggunakan Ms.Excel 2016 menghasilkan luaran dalam bentuk grafik konsentrasi resolusi per jam yang pada Gambar 1 dan 2 sebagai berikut.

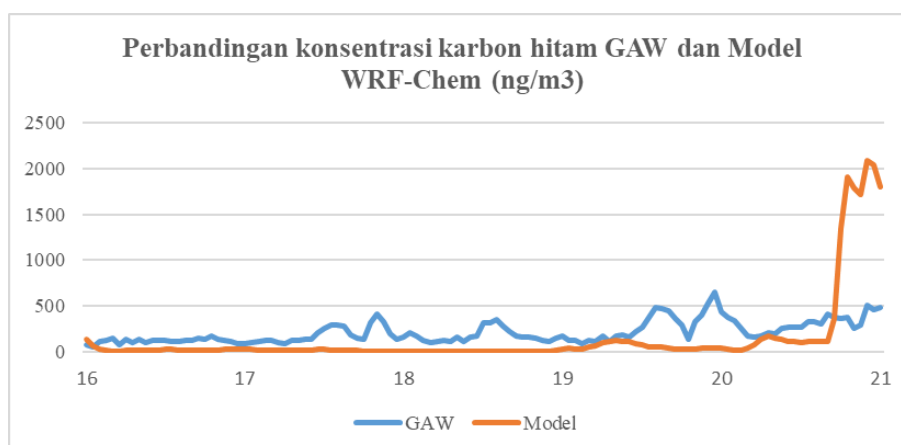


Gambar 1. Konsentrasi Karbon Hitam observasi GAW Bukit Kototabang



Gambar 2 Konsentrasi Ozon Permukaan obs. GAW Bukit Kototabang

Konsentrasi Karbon Hitam terus meningkat dari tanggal 16 hingga tanggal 20 bulan Oktober tahun 2017 yang ditandai dengan garis *trend* yang cenderung naik. Konsentrasi Karbon Hitam terlihat cukup tinggi pada tanggal 18 Oktober dan pada tanggal 19 – 20 Oktober 2017. Sedangkan pada akhir tanggal 20, konsentrasi Karbon Hitam kembali menurun namun tetap tinggi bila dibanding hari – hari sebelumnya diikuti dengan tren ozon yang serupa.

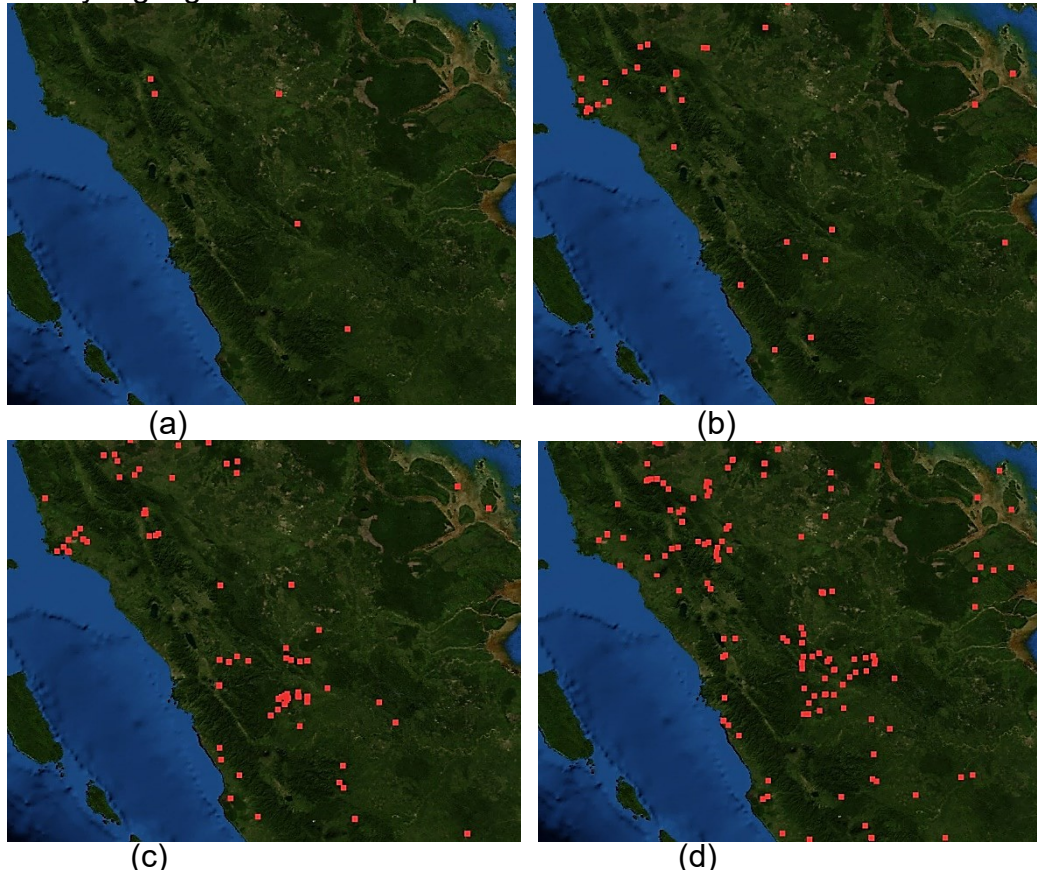


Gambar 3 Grafik Perbandingan konsentrasi Karbon Hitam Observasi dengan hasil simulasi WRF – Chem

Perbandingan data hasil pemodelan WRF – Chem dengan data Karbon Hitam dan Ozon Permukaan hasil observasi alat menunjukkan pola tren yang cukup sama yakni peningkatan dari tanggal 16 hingga tanggal 20. Dari hasil perhitungan Korelasi Pearson diperoleh hasil 0.59 dan RMSE sebesar 422 ng/m³.

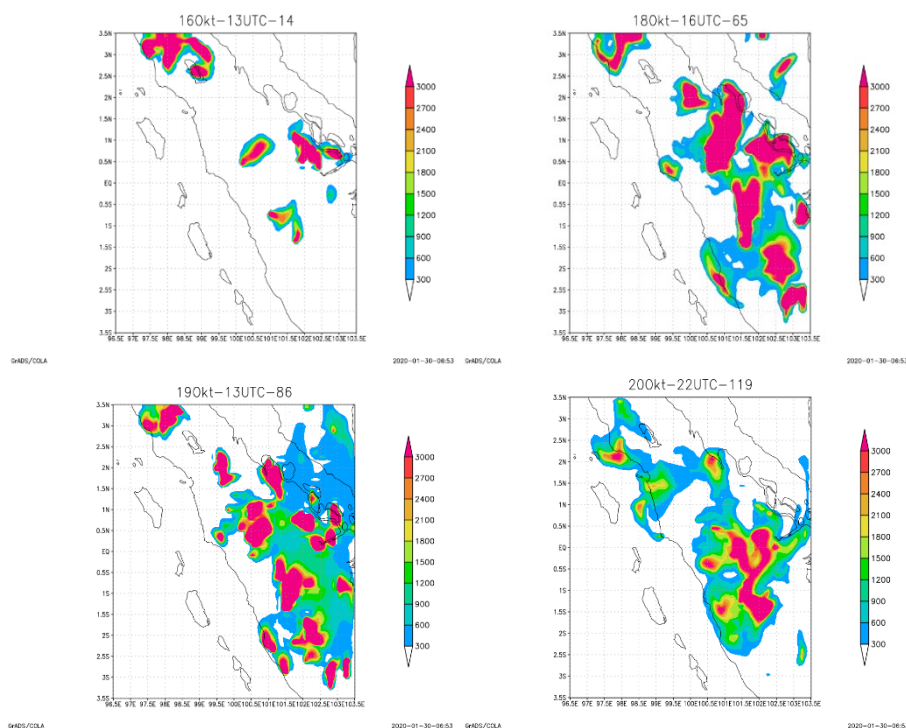
b. Citra satelit MODIS – VIIRS

Perbandingan manual yang dilakukan dalam rangka analisis spasial sebaran Karbon Hitam model WRF – Chem menggunakan data observasi satelit MODIS yang memetakan sebaran titik api dalam bentuk titik berwarna merah. Sensor yang digunakan dalam pencitraan satelit MODIS adalah VIIRS – S – NPP.



Gambar 4 Citra *hotspot* satelit MODIS – VIIRS tanggal (a) 18, (b) 19, (c) 20, dan (d) 21 Oktober 2017
Sebaran Karbon Hitam luaran WRF – Chem

Hasil dari Luaran WRF – Chem *diplot* menggunakan GrADS. Pada Gambar 5 di bawah ini merupakan kejadian tingkat konsentrasi Karbon Hitam maksimum, yaitu tanggal 16, 18, 19, dan 20 Oktober 2017.



Gambar 5 Puncak Sebaran Karbon Hitam Sumatera Barat menggunakan GrADS dalam satuan ng/m^3

Perbandingan hasil luaran WRF – Chem dengan citra satelit MODIS – VIIRS menunjukkan korelasi positif di mana sumber sebaran yang sesuai dengan data masukan yang diperoleh dari FINN. Analisis statistik dilakukan terhadap data Karbon Hitam hasil observasi alat yang berada di Stasiun GAW Bukit Kototabang yang terletak di Kota Bukittinggi.

Tabel 2. Nilai statistik model per kabupaten dalam (ng/m^3)

No	Kabupaten	Minimum	Rata-rata	Maksimum	Tgl Max
1	Agam	0,23	11,71	1657,94	20 – 22UTC
2	Dharmasraya	0,24	1004,36	8259,44	18 – 19 UTC
3	Lima Puluh Kota	1,52	387,45	3483,11	18 – 11 UTC
4	Padang	0,11	52,48	250,34	21 – 00 UTC
5	Pasaman	0,22	35,60	320,08	20 – 19 UTC
6	Pasaman Barat	3,20	32,95	176,65	20 – 09 UTC
7	Pesisir Selatan	0,13	88,31	711,15	21 – 00 UTC
8	Sijunjung	0,09	260,18	4002,87	16 – 11 UTC
9	Solok	0,19	51,03	727,59	21 – 00 UTC
10	Solok Selatan	0,18	737,44	6773,15	18 – 17 UTC
11	Tanah Datar	0,08	110,64	2069,63	20 – 23 UTC

Dari gambar konsentrasi rata-rata Karbon Hitam di setiap kabupaten pada Tabel 2 di atas, diperoleh data Kabupaten Dharmasraya yang memiliki nilai konsentrasi aerosol Karbon Hitam paling tinggi karena berada di wilayah terdekat dengan kebakaran hutan. Selanjutnya diikuti daerah Sijunjung, Lima Puluh Kota,

dan Tanah Datar yang juga terkena dampak yang cukup tinggi. Sedangkan daerah lainnya seperti yang dapat dilihat pada Tabel 2 di atas, cenderung rendah.

Perbandingan konsentrasi Karbon Hitam yang diperoleh dari pemodelan WRF – Chem memiliki nilai lebih tinggi daripada observasi stasiun. Selain itu Karbon Hitam hasil simulasi memiliki korelasi yang tinggi, hal ini dapat dibuktikan pada tanggal 19 – 20 ketika konsentrasi Karbon Hitam GAW naik, Karbon Hitam hasil simulasi juga mengalami kenaikan dengan nilai korelasi terhadap data observasi sebesar 0,59 dan RMSE yang diperoleh sebesar 422 ng/m³. Sehingga dapat diperoleh asumsi bahwa parameterisasi MOSAIC yang digunakan untuk simulasi Karbon Hitam walaupun *overestimate* tetapi sudah dapat menggambarkan kejadian sebenarnya.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dijelaskan dapat disimpulkan:

- a. Secara spasial, sebaran Karbon Hitam yang diperoleh pada pemodelan WRF – Chem divisualisasikan dengan cukup baik. Hal ini dibuktikan dengan perbandingan menggunakan data satelit MODIS yang memiliki hubungan yang positif.
- b. Hasil validasi data total Karbon Hitam hasil pemodelan WRF – Chem dengan data *total equivalent Black Carbon* pengamatan alat di GAW Bukit Kototabang menunjukkan bahwa pemodelan menggunakan WRF – Chem cukup baik dalam memodelkan bentuk sebaran yang ditunjukkan dengan nilai korelasi yang baik dan kemiripan tren dengan konsentrasi Ozon Permukaan namun tidak akurat dalam prediksi nilai konsentrasi Karbon Hitam karena diperoleh nilai RMSE yang cukup tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

Harianhaluan. Hutan di Sijunjung Kembali Terbakar, 19 Oktober 2017, <<https://www.harianhaluan.com/news/detail/67181/hutan-di-sijunjung-kembali-terbakar>> [diakses pada 12 Desember 2021]

Li, G., Zhang, R., Fan, J., dan Tie, X., 2005, Impacts of black carbon aerosol on photolysis and ozone. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, Vol.110.

Pearson, K., dan Lee, A., 1908, On the generalised probable error in multiple normal correlation. *Biometrika*, Vol.6, pp.59-68.

Riaugreen. Titik Panas Meningkat, 25 Hotspot Terpantau di Riau, 19 Oktober 2017, <<http://riaugreen.com/view/Lingkungan/29475/Titik-Panas-Meningkat--25-Hotspot-Terpantau-di-Riau-.html>> [diakses pada 12 Desember 2021]

PERANCANGAN SISTEM OTOMATISASI AKUISISI DATA PERALATAN OPERASIONAL DI STASIUN PEMANTAU ATMOSFER GLOBAL BUKIT KOTOTABANG

Reza Mahdi^{1*}

¹Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang

¹reza_elka@yahoo.com

ABSTRAK

Proses akuisisi data dari suatu peralatan merupakan proses yang sangat diperlukan untuk mendapatkan data dari instrumen tersebut. Peralatan yang mempunyai resolusi data yang rapat dan kecil dapat membutuhkan waktu yang lama serta kesalahan manusia dalam hal akusisi data ini berpeluang besar terjadi. Perancangan sistem otomatisasi akusisi data dari peralatan operasional di Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang ini dapat melakukan akusisi data secara otomatis dan beroperasi selama 24 jam dalam sehari. Terdapat beberapa manfaat yang didapat jika menggunakan sistem ini, yakni 1) Dapat mengurangi *human error*, 2) Dapat mengakusisi data dengan resolusi kecil, 3) Terdapatnya proses *Quality Control* (QC) level 1, 4) Terdapatnya peringatan atau alarm jika terdapat permasalahan pada instrumen, 5) Data tersimpan rapi dalam bentuk database dan file TXT, 6) Tampilan disederhanakan sehingga memudahkan operator dalam melakukan monitoring. Pembuatan aplikasi DakuGAW menggunakan bahasa pemrograman Delphi XE2 yang merupakan produk dari Embarcadero™. *Database Manajemen System* (DBMS) yang digunakan pada perancangan sistem ini adalah menggunakan MySQL. Aplikasi DakuGAW mengambil data dari instrumen dengan mengirimkan *command* tertentu yang akan diterjemahkan oleh instrumen, kemudian instrumen akan memberikan respon terhadap perintah yang dikirimkan.

Kata Kunci: Otomatisasi, DBMS, Akusisi Data, Database

1. Pendahuluan

Sesuai yang tertuang dalam Undang-undang nomor 31 tahun 2009 tentang Meteorologi, klimatologi, dan Geofisika, Salah satu fungsi dari BMKG adalah adanya pengelolaan data dan pelayanan data. Pengelolaan data disini dimaksudkan adalah serangkaian perlakuan terhadap data, baik data yang berasal dari instrumen maupun data yang berasal dari hasil pembacaan atau pengamatan yang dilakukan oleh seorang operator (pengamatan konvensional).

BMKG saat ini dalam melaksanakan tugas dan fungsinya sudah didukung dengan peralatan-peralatan atau instrumen-instrumen canggih dan moderen serta otomatis. Pengamatan yang sebelumnya masih menggunakan metode konvensional, secara perlahan sudah melakukan pengamatan secara digital. Data-data yang sebelumnya masih menggunakan metode konvensional juga sudah dilakukan digitalisasi dan tersimpan pada suatu sistem.

Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang merupakan salah satu UPT BMKG yang mempunyai tugas dan fungsi melakukan pengamatan serta pengelolaan data kualitas udara, Gas rumah kaca dan parameter fisis lainnya. Secara garis besar, instrumen yang digunakan dalam pengamatan kualitas udara menggunakan peralatan canggih, modern dan otomatis yang beroperasi selama 24 jam tanpa henti. Namun demikian, masih terdapat beberapa peralatan yang pembacaannya masih dilakukan secara manual, namun datanya sudah disimpan secara digital menggunakan suatu aplikasi.

Data yang berasal dari peralatan otomatis mempunyai rentang waktu (resolusi) data sangat pendek (kecil), yakni dalam detik, menitan dan jaman. Manusia mempunyai kelemahan atau kekurangan dalam melakukan pengamatan dengan resolusi data yang sangat pendek tersebut. Dengan demikian, diperlukan suatu sistem yang dapat melakukan pekerjaan dalam hal pengumpulan serta analisis data secara otomatis. Sehingga data dapat diambil setiap saat serta dapat mengurangi *human error* terhadap pengelolaan data hasil pengamatan.

Instrumen yang digunakan mempunyai karakteristik yang berbeda-beda. Kemampuan kualitas sensor serta komponen pendukung lainnya sangat diperlukan dalam menghasilkan data. Setiap instrumen yang digunakan di Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang menghasilkan parameter-parameter atau nilai-nilai tertentu yang menjadi ukuran dari kinerja masing-masing peralatan. Satu parameter mengandung suatu informasi terhadap kondisi peralatan. Terkadang user tidak mengetahui jika sewaktu-waktu terdapat nilai parameter komponen-komponen yang tidak sesuai dengan spesifikasi dan persyaratan layak atau tidaknya peralatan dioperasikan. Kondisi-kondisi seperti ini harus secepatnya diketahui oleh user supaya dapat melakukan tindakan-tindakan tertentu secara dini, seperti melakukan perbaikan, *maintenance*, kalibrasi, serta penggantian terhadap *spare part* jika dibutuhkan.

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Menghasilkan sebuah sistem akuisisi data dari peralatan operasional
- b. Menghasilkan rancangan sistem akuisisi data otomatis sehingga memudahkan user dalam pengolahan data
- c. Menghasilkan aplikasi yang dapat memberikan *warning* atau peringatan jika terdapat kondisi abnormal pada peralatan

2. Metode Penelitian

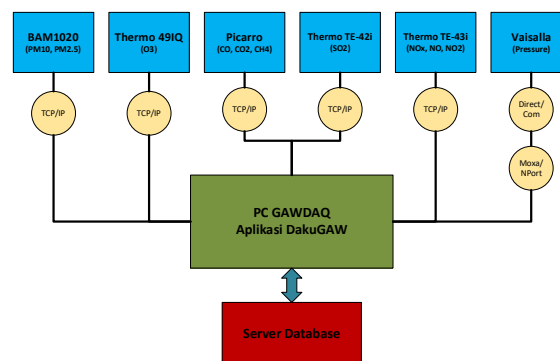
Sistem akuisisi data atau yang biasa dikenal dengan *Data Aquisition System* (DAS) merupakan sistem informasi instrumentasi elektronik terdiri dari sejumlah elemen yang bersama-sama bertujuan melakukan pengukuran, penyimpanan, dan mengolah hasil pengukuran. DAS merupakan sebuah antarmuka atau *interface* antara lingkungan analog dan lingkungan digital yang dilakukan oleh suatu perangkat yang mempunyai mikroprocessor.

Peralatan modern dan canggih yang digunakan dalam pengukuran kualitas udara dan gas rumah kaca di Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang mempunyai datalogger yang berfungsi untuk menyimpan data sementara. Kapasitas penyimpanan data dalam memori masing-masing peralatan berbeda-beda. Data-data yang tersimpan pada dataogger ini akan diambil/diakuisisi oleh sebuah sistem secara terintegrasi dan otomatis.

Menurut (Tri Atmaja et al., 2018), Otomatisasi adalah cara pelaksanaan prosedur dan tata kerja secara otomatis, dengan pemanfaatan yang menyeluruh dan seefisien mungkin atau mesin, sehingga bahan dan sumber yang ada dapat dimanfaatkan.

Dari pengertian otomatisasi diatas menyatakan bahwa pada suatu sistem otomatis pelaksanaan setiap prosedur pada suatu instrumen dikerjakan secara otomatis dengan memanfaatkan sumber daya yang dipunyai dengan efisien.

Perancangan suatu sistem akuisisi data otomatis ditunjukkan pada blok diagram yang terdapat pada gambar 1 dibawah ini. Sedangkan Pengembangan serta perancangan sistem sistem dijelaskan pada bagian berikut ini.



Gambar 1. Blok diagram rancangan sistem akuisisi data otomatis

2.1. Perancangan Sistem

Seperti yang ditunjukkan pada gambar 1 diatas, semua instrumen terhubung dengan PC Gawdaq. Pada PC Gawdaq terdapat sebuah *software* atau aplikasi dengan nama DakuGAW (Data Akuisisi GAW). Proses dan kontrol akuisisi data dilakukan oleh aplikasi DakuGAW. Selain itu, Aplikasi DakuGAW juga akan mendistribusikan data ke server untuk disimpan pada database.

Jenis dan tipe komunikasi yang digunakan antara masing-masing instrumen dan PC Gawdaq berbeda-beda. Perbedaan ini disebabkan oleh perbedaan protokol yang disediakan oleh manufaktur masing-masing instrumen. Pada perancangan sistem ini menggunakan 2 jenis komunikasi yang digunakan, yaitu:

a. TCP/IP

Menurut (Romony et al., 2020), TCP (*Transmission Control Protocol*) adalah salah satu protokol yang berada pada transport layer yang bertugas untuk

melakukan komunikasi dari satu komputer ke komputer lain. TCP memiliki kelebihan dalam hal reliability, byte-stream, dan connection-oriented.

Kelebihan lain dari protokol TCP ini adalah *synconous*, yakni pengukuran bisa berinteraksi dengan 1 perangkat yang sama dan pada waktu yang bersamaan. Salah satu kelemahan dari protokol ini adalah harga dari perangkat ini masih relatif mahal.

b. Direct/COM RS232

Menurut (Julham & Adam, 2018) RS232 adalah suatu perangkat Serial *Asynchronous Communication Interface Adapter* yang diperkenalkan oleh EIA (*Electronic Industries Adapter*), RS adalah singkatan dari *Recommended Standard*.

Salah satu kelebihan dari protokol ini adalah harganya relatif murah dan terjangkau. Sedangkan kelemahan dari protokol ini adalah *Asynchronous* yang mana komunikasi hanya bisa satu arah dan tidak bisa digunakan oleh perangkat lain pada waktu bersamaan.

Selanjutnya, Aplikasi DakuGAW akan mengirimkan perintah atau *Command* yang akan diterjemahkan oleh mikroprosesor masing-masing instrumen, kemudian instrumen akan mengirimkan *feedback/respon* ke PC dan akan dibaca oleh Aplikasi DakuGAW.

Setelah Instrumen mengirimkan respon ke PC melalui aplikasi DakuGAW, respon tersebut diterjemahkan lagi oleh aplikasi. Jika yang dikirimkan adalah data, maka data selanjutnya dianalisa dan disimpan kedalam database yang berada di server. Aplikasi DakuGAW akan membaca setiap parameter-parameter yang dikirimkan oleh instrumen, jika terdapat nilai yang tidak standar, maka aplikasi akan memberikan peringatan berupa alarm yang kemudian akan ditindaklanjuti oleh petugas. Pada proses analisa data, aplikasi akan melakukan *Quality Control* (QC) level 1 terhadap data.

Proses akuisisi data yang dilakukan aplikasi DakuGAW dilakukan setiap 5 menit, dan kemudian proses akuisisi data ini akan diulang setiap 5 menit berikutnya.

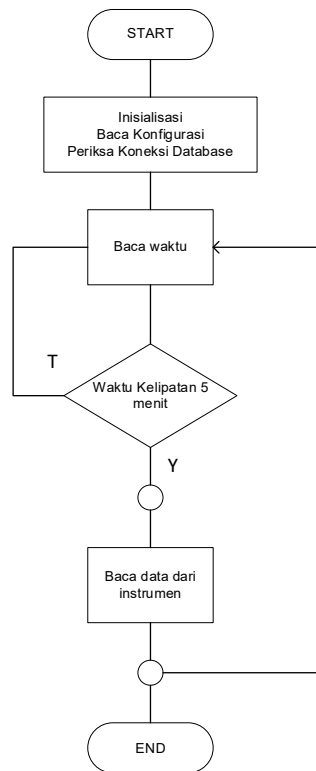
2.2. Perancangan Aplikasi DakuGAW

Aplikasi DakuGAW merupakan aplikasi yang juga berfungsi sebagai antar muka / *Interface* antara operator dengan instrumen. Dalam perancangannya, aplikasi ini memiliki peranan utama dalam sistem akuisisi data. Pengontrolan, pengambilan data, flagging, *Quality Control*, dan pelaporan status peralatan merupakan fungsi utama dari aplikasi ini. Aplikasi DakuGAW melakukan akuisisi data setiap 5 menit, dan data yang dihasilkan dari pembacaan instrumen akan di simpan kedalam database.

Aplikasi ini dibuat menggunakan bahasa pemrograman Embarcadero™ Delphi XE2. Pemrograman Delphi menggunakan bahasa kompailer Pascal dalam pembuatan *script* program. DelphiXE2 memiliki komponen-komponen GUI (*Graphic User Interface*) yang kompatibel dengan Microsoft™ Windows™, sehingga pengguna lebih mudah dalam pengoperasiannya.

Pada aplikasi ini, tampilan utama menampilkan semua instrumen yang sudah terintegrasi ke sistem ini dengan menampilkan data-data dari setiap parameter hasil pengukuran terakhir.

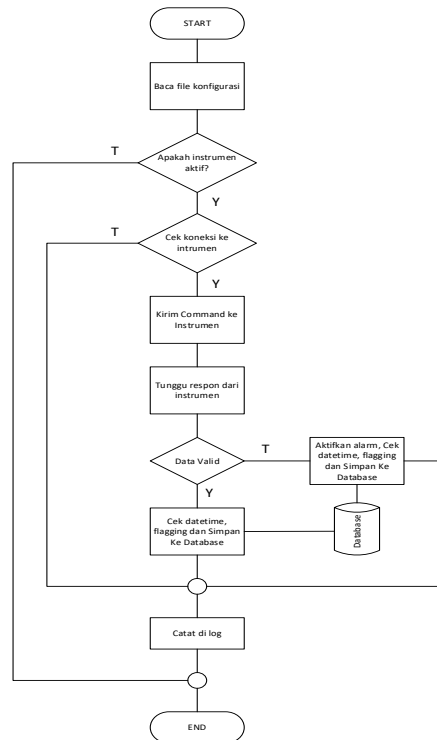
Konsep akuisisi data pada aplikasi ini dapat terlihat pada flowchart gambar 2 dan gambar 3 berikut ini:



Gambar 2. Flowchart pengulangan proses akuisisi data

Gambar 2 merupakan flowchart dari proses pengulangan akuisisi data. Saat aplikasi dimulai/dijalankan, aplikasi akan membaca inisialisasi dan baca file konfigurasi. Jika waktu PC menunjukkan menit kelipatan 5, maka program akan melakukan akuisisi data untuk masing-masing instrumen. Jika tidak, maka program akan menunggu sampai waktu yang telah ditentukan.

Proses pengambilan data dari instrumen dapat terlihat pada flowchart yang ditunjukkan pada gambar 3 dibawah ini. Masing-masing peralatan mempunyai konfigurasi yang berbeda, hal pertama yang dilakukan adalah membaca file konfigurasi tersebut. Aplikasi DakuGAW akan mengirimkan kode-kode (*Command*) tertentu yang dikenal oleh instrumen. Kode tersebut diterjemahkan instrumen kemudian instrumen akan mengirim respon sesuai dengan kode yang dikirimkan. Dalam hal ini aplikasi akan mengirimkan *command* untuk mengambil data pengamatan serta data parameter-parameter lainnya yang dibutuhkan.

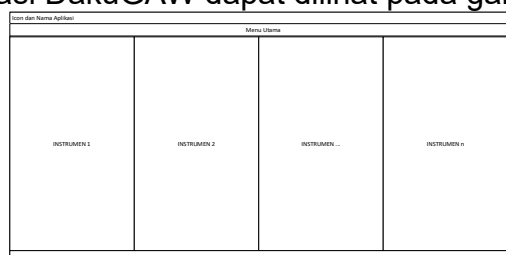


Gambar 3. Flowchart baca data dari instrumen

Kevalidan data yang diterima aplikasi akan diperiksa kembali. Jika valid data akan di-*flagging* 0 dan disimpan ke database, sedangkan jika data tidak valid akan diberi *flagging* sesuai dengan kondisi peralatan kemudian disimpan kedalam database dan kemudian akan mengaktifkan alarm agar petugas dapat langsung mengetahui keadaan dan kondisi peralatan. *Flagging* data sesuai dengan kode yang terdapat pada buku manual masing-masing instrumen.

Semua aktifitas akuisisi data akan tersimpan dalam bentuk log file yang tersimpan dalam PC yang terinstal aplikasi DakuGAW.

Konsep tampilan aplikasi DakuGAW dapat dilihat pada gambar 4 berikut ini.



Gambar 4. Konsep tampilan aplikasi DakuGAW

Tampilan aplikasi didesain sesederhana mungkin agar dapat memudahkan operator dalam melakukan monitoring. Masing-masing instrumen akan dibagi menggunakan panel-panel. Panel-panel ini akan berisi informasi-informasi instrumen, data pengamatan, log pencatatan aktivitas instrumen, serta indikator alarm.

2.3. Perancangan Database

Basisdata/database dalam sistem ini berfungsi untuk menyimpan data hasil pengamatan yang diakuisisi oleh aplikasi DakuGAW. *Database Management System* (DBMS) yang digunakan adalah MySql. Database tersimpan pada sebuah server.

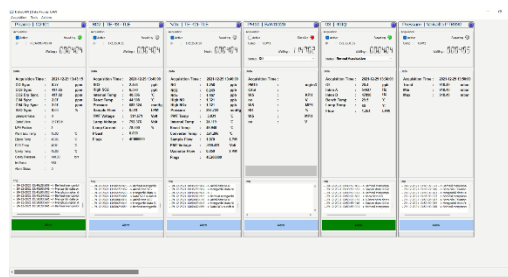
Masing-masing peralatan mempunyai entitas/tabel masing-masing. Data pengamatan dan nilai parameter-parameter yang dihasilkan dikumpulkan dan disimpan dalam masing-masing tabel. Jadi, data yang terdapat pada tabel-tabel tersebut merupakan RAW data dari setiap instrumen. Sebagai primary key, setiap tabel menggunakan *field datetime* yang unik dan berbeda untuk setiap *record*-nya. Tabel-tabel data yang terdapat pada database, selanjutnya akan dipergunakan untuk aplikasi lain untuk menghasilkan suatu informasi.

Nama database yang digunakan sistem ini adalah **gawdata** yang berada di Main-Server. Server ini berfungsi khusus hanya untuk menyimpan data hasil pengamatan. Selain data disimpan dalam bentuk database, aplikasi DakuGAW akan menyimpan data dalam bentuk text file yang berfungsi sebagai backup data. File tersebut menggunakan ekstensi TXT yang bisa dibuka menggunakan aplikasi pengolahan data lainnya.

3. Hasil dan Pembahasan

Sistem otomatisasi akuisisi data pengamatan dari peralatan operasional di Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang dapat membantu kegiatan operasional dalam hal pengelolaan data pengamatan. Sistem akan mengakuisisi data walau tanpa operator dan petugas.

Selama PC Akusisi dan Instrumen beroperasi dan didukung dengan peralatan pendukung yang berkerja baik/normal, sistem akusisi data ini akan beroperasi terus menerus.



Gambar 5. Tampilan aplikasi DakuGAW

Pada gambar 5 diatas merupakan tampilan dari aplikasi DakuGAW. Pada gambar terlihat terdapat 6 (enam) buah instrumen yang dipisahkan dalam panel yang berbeda-beda. Setiap panel berisi data-data hasil dari instrumen. Bagian bawah panel terdapat indikator alarm. Jika terdapat alarm, indikator akan berwarna merah sesuai dengan instrumen yang bermasalah dan akan mengeluarkan suara yang dapat didengar oleh petugas. Suara akan hilang/berhenti jika sumber error sudah ditanggulangi, sebaliknya alarm akan terus mengeluarkan suara jika sumber error belum diatasi.

Gambar 6 berikut ini merupakan tampilan data pada database. Pada gambar terlihat data dari instrumen Picarro, yang mana terdapat 8 (delapan) field yang mengandung informasi masing-masing. Setiap tabel data dari peralatan mempunyai field dengan nama **dtm** yang menampung informasi tanggal dan waktu data/record.

Gambar 6. Tampilan data pada database

PC DakuGAW yang berfungsi melakukan akuisisi data yang digunakan di Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang memiliki spesifikasi berikut ini:

- Processor Intel® Core™ i7-8700 CPU @ 3.20GHz 3.19 GHz
- Installed RAM 16.0 GB (15.9 GB usable)
- System type 64-bit operating system, x64-based processor
- Pen and touch No pen or touch input is available for this display
- Edition Windows 10 Home Single Language

4. Kesimpulan

Perancangan sistem otomatisasi akuisisi data dari peralatan operasional ini sudah berkerja dengan baik dengan fitur-fitur yang disediakan pada aplikasi DakuGAW. Aplikasi DakuGAW berfungsi untuk melakukan pengambilan data dari instrumen, flagging data, penyimpanan data ke database, serta aplikasi DakuGAW juga memberikan sinyal alarm jika terdapat salah satu parameter dari instrumen yang tidak sesuai dengan spesifikasi instrumen.

Terdapat beberapa kelemahan dari sistem ini yang perlu dilakukan pengembangan berikutnya, yakni:

- Belum semua instrumen terintegrasi ke sistem ini
- Belum adanya update terhadap database
- Belum tersedianya fitur upload data manual jika aplikasi tidak beroperasi

Daftar Pustaka

- Julham, & Adam, H. A. (2018). Perancangan Dan Pembuatan Trainer Komunikasi Rs232 Menggunakan Komputer Dan Mikrokontroler Atmega. *JTIK (Jurnal Teknik Informatika Kaputama)*, 2(1), 24–34. <https://jurnal.kaputama.ac.id/index.php/JTIK/article/view/92>
- Romony, P. V., Sitanayah, L., & Sanger Perbandingan Quality Service, J. B. (2020). Perbandingan Quality Of Service Protokol Komunikasi Data Pada Sistem Deteksi Asap Rokok Berbasis Internet Of Things. *Jurnal Ilmiah Realtech*, 16(1), 19–24. <https://doi.org/10.52159/REALTECH.V16I1.129>
- Tri Atmaja, A., Santoso, D., & Ninghardjanti, P. (2018). Penerapan Sistem Otomatisasi Admnistrasi Untuk Meningkatkan Efektivitas Dan Efisiensi Kerja Di Bidang Pendapatandinas Perdagangan Kota Surakarta. *JIKAP (Jurnal Informasi Dan Komunikasi Administrasi Perkantoran)*, 2(2). <https://jurnal.uns.ac.id/JIKAP/article/view/20794>

UJI PERFORMA DAN EVALUASI PROTOTIPE LOW-COST SENSOR AIR QUALITY (LCSAQ) UNTUK PENGUKURAN PM2.5 DAN PM10 *Performance Test and Evaluation of Low-Cost Sensor Air Quality (LCSAQ) for Measurement of PM2.5 and PM10*

Soni Miftah Pratama^{1*}, Tanti Tritama Okaem², Ridwan³

^{1,2}Stasiun Pemantau Atmosfer Global (GAW) Bukit Kototabang

³Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (STMKG)

*E-mail: soni.pratama@bmkg.go.id

ABSTRAK

Prototipe *Low Cost Sensor for Air Quality* (LCSAQ) merupakan peralatan pemantau kualitas udara menggunakan jenis *low cost sensor* PMS7003 untuk memantau parameter partikulat udara atau particulate matter berukuran 2.5 dan 10 mikron (PM2.5 dan PM10). Penelitian ini bertujuan untuk menguji performa alat prototipe terhadap peralatan referensi yang digunakan oleh BMKG pada kondisi udara urban dengan menggunakan metode *Root Mean Square Error* (RMSE) dan koefisien korelasi. Prototipe alat menggunakan mikrokontroler Arduino Mega 2560 terkoneksi dengan beberapa komponen seperti LCD 8x2 untuk antarmuka pada alat, Real-Time Clock, Catu daya 9V 0,6 A, sensor partikulat dan sensor suhu serta kelembapan, Node MCU dengan koneksi wifi dan aplikasi Blynk sebagai antarmuka pada smartphone. Pengujian alat dilakukan pada dua tempat dengan parameter yang berbeda. Lokasi pertama dilakukan pengamatan PM10 di Stasiun Klimatologi Sumatera Selatan dan lokasi kedua dengan parameter PM2.5 di Stasiun Klimatologi Jambi. Hasil pengujian alat prototipe pada parameter PM10 menunjukkan tren yang mengikuti dengan alat referensi dengan nilai RMSE sebesar 8,20 dan 13,21 serta koefisien korelasi 0,42 dan 0,75 dengan kondisi pengukuran yang baik pada lokasi pertama dan pengujian data partikulat PM2.5 pada lokasi kedua memiliki RMSE sebesar 24,88 dan 25,15 serta koefisien korelasi -0,25 dan 0,38 dengan alat referensi.

Kata kunci : *Low Cost Sensor*, PMS7003, PM10, PM2.5

1. Pendahuluan

Kebakaran hutan dan lahan (karhutla), industri, dan transportasi menjadi sumber emisi dari polusi udara. Salah satu jenis dari zat polutan tersebut adalah partikulat udara atau disebut dengan particulate matter (PM) (EPA., 2021). jenis polutan ini sangat berbahaya dan dapat mengakibatkan kematian jika terhirup kedalam tubuh. Polutan tersebut dapat melakukan penetrasi kedalam saluran pernafasan bawah dan mengalir dalam darah karena berukuran kurang dari $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (WHO., 2002).

Dalam kehidupan sehari-hari, masyarakat khususnya di daerah urban membutuhkan Informasi kualitas udara karena erat hubungannya terhadap kondisi kesehatan. Beberapa peralatan yang digunakan sebagai pemantau kualitas udara menggunakan metode Beta-Ray Attenuation Monitors (BAMs) dan Tapered Element Oscillating Microbalances (TEOMs). peralatan ini berfungsi untuk memonitoring konsentrasi partikulat secara realtime, disamping itu terdapat beberapa keterbatasan diantaranya cakupan spasial alat tidak terlalu luas, memiliki harga unit dan perawatan yang tinggi, butuh sumber daya manusia yang kompeten dalam pengoperasiannya, sehingga membuat keberadaan peralatan sangat terbatas. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, dilakukan penelitian dan pengembangan pada peralatan dengan menggunakan sensor berbiaya rendah (low cost sensor). Kemajuan teknologi dalam pengembangan low cost sensor menjadi hal yang menjanjikan untuk pemantauan kualitas udara (Kumar et al., 2015). Sensor PMS7003 merupakan salah satu jenis low cost sensor.

Berdasarkan alasan tersebut, pengembangan peralatan berbasis low cost sensor perlu dilakukan. Dalam penelitian ini, penulis membuat prototipe peralatan pemantau kualitas udara menggunakan low cost sensor atau Low Cost Sensor for Air Quality (LCSAQ) menggunakan sensor PMS7003 untuk parameter partikulat (PM_{2.5} dan PM₁₀). Prototipe ini diuji dan divalidasi menggunakan peralatan referensi yang dipakai oleh Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) agar dapat digunakan untuk menyajikan informasi kualitas udara kepada masyarakat dan stakeholder, serta sebagai langkah mitigasi terhadap kejadian karhutla, kabut asap, dan daerah dengan kondisi terpapar polusi udara berat.

2. Metode Penelitian

a. Lokasi pengukuran

Lokasi pengukuran partikulat dalam penelitian ini dilakukan pada dua tempat dengan parameter yang berbeda, pemilihan lokasi pengukuran berdasarkan ketersediaan alat pemantau kualitas udara BMKG di daerah urban yang digunakan menjadi alat referensi pembanding dengan alat prototipe. Lokasi pertama bertempat di Stasiun Klimatologi Sumatera Selatan menggunakan parameter PM₁₀, pengukuran pada lokasi kedua bertempat di Stasiun Klimatologi Jambi dengan menggunakan parameter PM_{2.5}. posisi alat diletakkan sejajar dengan inlet alat referensi untuk meminimalisir pengaruh yang terjadi karena rentang jarak antar alat.

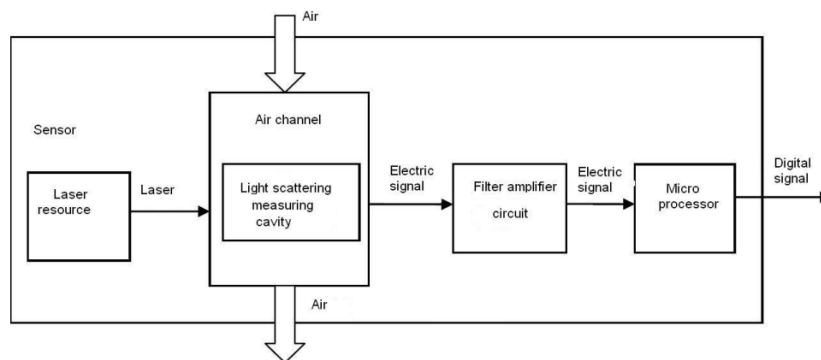


Gambar 2.1 Lokasi pengukuran partikulat (a) Stasiun Klimatologi Sumatera Selatan (b) Stasiun Klimatologi Jambi

b. Alat ukur

Rancangan prototipe yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan Arduino Mega 2560 sebagai mikrokontroler yang terkoneksi dengan beberapa komponen seperti Real-Time Clock, Catu daya 9V 0,6 A, sensor partikulat dan sensor suhu serta kelembapan, untuk komunikasi menggunakan Node MCU dengan koneksi wifi dan aplikasi Blynk sebagai antarmuka pada smartphone serta LCD 8x2 untuk antarmuka pada alat.

Komponen sensor partikulat yang digunakan dalam penelitian ini adalah merk Plantower dengan model PMS7003. Sensor tersebut bekerja pada tegangan 5V dengan kuat arus 100mA pada kondisi operasional dan 200uA pada kondisi standby. Sensor PMS7003 menggunakan metode sampling laser scattering untuk mengukur konsentrasi partikulat dengan berbagai tingkatan, yaitu antara 0.3 microns hingga 10 microns serta data yang dikeluarkan memiliki satuan $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



Gambar 2.2 Metode sampling PMS7003

Pada lokasi pertama alat yang tersedia untuk menjadi referensi adalah Thermo Fischer Scientific model 5014i untuk mengamati PM10 menggunakan metode Tapered Element Oscillating Microbalance (TEOM). Pada lokasi kedua, alat referensi menggunakan MetOne model BAM1020 dengan metode Beta Attenuation Mass Monitor untuk mengukur PM2.5.

c. Verifikasi alat

Verifikasi alat dilakukan dengan mengolah data hasil pengamatan alat prototipe dengan alat referensi menggunakan perhitungan RMSE dan koefisien korelasi.

$$R = \frac{n \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{\{n \sum x^2 - (\sum x)^2\} \{n \sum y^2 - (\sum y)^2\}}} \quad (1)$$

$$Y = a + bx \quad (2)$$

$$b = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \quad (3)$$

$$a = \frac{\sum y - b(\sum x)}{n} \quad (4)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (y_i - \hat{y}_i)^2}{n}} \quad (5)$$

Keterangan :

$RMSE$ = Nilai root mean square error

y = Nilai hasil observasi

\hat{y} = Nilai hasil prediksi

i = Urutan data

n = Jumlah data

3. Hasil dan Pembahasan

a. Pengujian alat Lokasi Pertama

Pengujian prototipe dilakukan di lokasi pertama pada tanggal 14 dan 15 Oktober 2021 didalam area taman alat stasiun klimatologi sumatera selatan dengan koordinat 2° 55' 38.352" LS – 104° 46' 19.092" BT menggunakan parameter PM10. Pada tanggal 14 Oktober 2021 pengukuran partikulat dilakukan pada rentang waktu pukul 14.25 WIB sampai 16:15 WIB dan tanggal 15 Oktober 2021 pada rentang waktu pukul 13.40 WIB sampai 15.30 WIB. Akusisi data alat prototipe memiliki interval 1 menit sementara alat referensi memiliki interval akuisisi selama 5 menit, maka data alat prototipe dilakukan agregasi menjadi 5 menit. Selama pengukuran data partikulat, tidak ada kendala yang terjadi dan kedua alat dimonitor secara langsung oleh personil dilapangan.

Tabel 3.1 Data pembacaan alat prototipe dan alat referensi tanggal 14 Oktober 2021

Waktu	PM10 PMS7003	PM10 thermo
14:25:00	61,04	48,90
14:30:00	60,45	49,41
14:35:00	58,45	50,14
14:40:00	57,64	50,33
14:45:00	56,82	50,73
14:50:00	57,54	50,71
14:55:00	55,52	50,23
15:00:00	51,79	50,32
15:05:00	51,18	50,79
15:10:00	52,07	51,37
15:15:00	53,39	51,86
15:20:00	51,50	51,63
15:25:00	56,88	51,64
15:30:00	63,41	51,90
15:35:00	56,45	51,55
15:40:00	58,27	51,68
15:45:00	60,20	50,86
15:50:00	61,05	51,15
15:55:00	66,80	52,13
16:00:00	67,62	53,18
16:05:00	61,76	53,79
16:10:00	62,27	54,51
16:15:00	63,76	54,93

Tabel 3.2 Data pembacaan alat prototipe dan alat referensi tanggal 15 Oktober 2021

Waktu	PM10 PMS7003	PM10 thermo
13:40:00	45,55	30,48
13:50:00	43,07	28,19
14:00:00	46,50	28,24
14:10:00	44,48	28,21
14:20:00	39,19	28,07
14:30:00	42,03	29,74
14:40:00	44,74	31,64
14:50:00	42,32	33,18
15:00:00	47,20	34,37
15:10:00	47,15	36,62
15:20:00	47,88	38,19
15:30:00	51,47	39,30

Pada tabel diatas menunjukkan hasil pengukuran pada masing-masing alat. Keterangan pada tabel diatas sebagai berikut:

1. Kolom waktu : menunjukkan waktu saat data terakuisisi dalam format jam:menit:detik;
2. Kolom data PM10 PMS7003 : menunjukkan data konsentrasi PM10 yang terakuisisi pada alat prototipe menggunakan sensor PMS7003 dalam satuan $\mu\text{g}/\text{m}^3$;
3. Kolom data PM10 Thermo : menunjukkan data konsentrasi PM10 yang terakuisisi pada alat referensi menggunakan Thermo Fischer Scientific model 5014i dalam satuan $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

b. Pengujian alat Lokasi Kedua

Pada lokasi kedua, pengujian prototipe dilakukan didalam area taman alat stasiun klimatologi Jambi dengan koordinat $1^{\circ} 36' 6.84''$ LS – $103^{\circ} 29' 3.984''$ BT pada tanggal 21 sampai 23 Oktober 2021 menggunakan parameter PM2.5. Pengukuran partikulat dilakukan pada rentang waktu tanggal 22 Oktober 2021 pukul 14.25 WIB sampai tanggal 23 Oktober 2021 pukul 14.20 WIB. Akuisisi data alat prototipe memiliki interval 1 menit sementara alat referensi memiliki interval akuisisi selama 60 menit, maka data alat prototipe dilakukan agregasi menjadi 60 menit. Selama pengukuran data partikulat, alat dinyalakan dalam mode monitoring, yang berarti alat tetap dinyalakan secara realtime, berbeda dengan lokasi pertama dengan metode sampling. Setelah selesai melakukan pengukuran, ditemukan kendala yaitu sering terjadi pemadaman listrik sebanyak 3 kali serta instalasi listrik yang tidak stabil menyebabkan waktu pada RTC alat prototipe menjadi reset ke waktu setting awal alat dinyalakan dan alat referensi terdapat data yang abnormal, hal ini diindikasikan lewat pembedahan raw data kedua alat. Maka dari itu, data lokasi kedua yang tersaji dalam penelitian ini hanya data yang memiliki sinkronisasi waktu dari kedua alat tersebut, yaitu data pada tanggal 22 Oktober 2021 pukul 04.00 WIB sampai 23.00 WIB dan tanggal 23 Oktober 2021 pukul 01.00 WIB sampai 14.00 WIB.

Tabel 3.3 Data pembacaan alat prototipe dan alat referensi tanggal 22 Oktober 2021

Waktu	PM2.5 PMS7003	PM2.5 BAM
04.00	77,5	27
05.00	43,3	16,7
06.00	32,4	14,3
07.00	24,9	17,6
08.00	24,7	10,5
09.00	26,7	6,4
10.00	23,5	7,4
11.00	25,6	7
12.00	33,3	9,6
13.00	44,7	12
14.00	43,1	10,2
15.00	38,9	11,6
16.00	34,7	18,5
17.00	24,8	11,5
18.00	18,0	31,3
19.00	18,0	47,5
20.00	19,6	66,8
21.00	25,0	35,1
22.00	24,3	36,9
23.00	25,3	35

Tabel 3.4 Data pembacaan alat prototipe dan alat referensi tanggal 23 Oktober 2021

Waktu	PM2.5 PMS7003	PM2.5 BAM
00.00	28,6	31,8
01.00	25,9	25,5
02.00	38,9	14,7
03.00	50,6	16,2
04.00	76,9	35
05.00	50,5	18
06.00	54,0	32
07.00	53,1	49,7
08.00	50,6	21,3
09.00	39,0	22,8
10.00	31,3	12,2
11.00	36,7	15,5
12.00	33,8	14,7
13.00	48,1	19,8
14.00	50,1	14

Pada tabel diatas menunjukkan hasil pengukuran pada masing-masing alat. Keterangan pada tabel diatas sebagai berikut:

1. Kolom waktu : menunjukkan waktu saat data terakuisisi dalam format jam;
2. Kolom data PM10 PMS7003 : menunjukkan data konsentrasi PM2.5 yang terakuisisi pada alat prototipe menggunakan sensor PMS7003 dalam satuan $\mu\text{g}/\text{m}^3$;
3. Kolom data PM10 Thermo : menunjukkan data konsentrasi PM2.5 yang terakuisisi pada alat referensi menggunakan MetOne Model BAM1020 dalam satuan $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

c. Perhitungan Korelasi dan RMSE

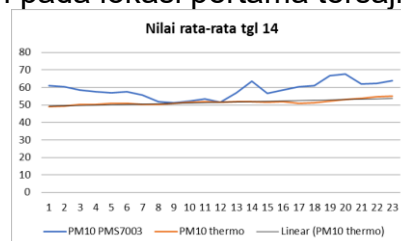
Perhitungan korelasi dalam regresi linier didefinisikan apabila garis regresi yang terbaik untuk sekumpulan data berbentuk linier, derajat hubungannya akan dinyatakan dengan R dan biasanya dinamakan koefisien korelasi, sedangkan R^2 dinamakan koefisien determinasi atau koefisien penentu.

Koefisien korelasi didapat hubungan $-1 \leq R \leq +1$. Harga $r = -1$ menyatakan bahwa ada hubungan linier sempurna tak langsung antara X dan Y. Ini berarti bahwa titik-titik yang ditentukan (X_i, Y_i) seluruhnya terletak pada garis regresi linier dan harga X yang besar menyebabkan atau berpasangan dengan Y yang kecil kemudian harga X yang kecil berpasangan dengan Y yang besar. Harga $R = +1$ menyatakan bahwa ada hubungan linier sempurna langsung antara X dan Y. Khusus untuk $R = 0$, maka ini ditafsirkan bahwa tidak mempunyai hubungan linier antara variabel X dan Y.

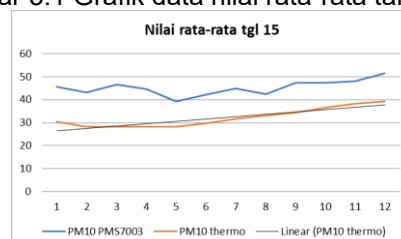
Root Mean Squared Error (RMSE) merupakan salah satu cara untuk mengevaluasi model regresi linear dengan mengukur tingkat akurasi hasil perkiraan suatu model. RMSE dihitung dengan kuadrat error (prediksi – observasi) dibagi dengan jumlah data (= rata-rata), lalu diakarkan. RMSE tidak memiliki satuan. Apabila RMSE memiliki nilai lebih kecil, hal ini berarti nilai yang diprediksi dekat dengan nilai observasi atau yang diamati, dan sebaliknya. Nilai RMSE rendah artinya bahwa variasi nilai yang dihasilkan oleh suatu model prakiraan mendekati variasi nilai observasinya atau yang diamati. RMSE menghitung seberapa banyak nilai yang berbeda antara kedua alat tersebut. Semakin kecil nilai RMSE, semakin dekat nilai yang diprediksi dan diamati.

Lokasi Pertama

Grafik dan tabel perhitungan pada lokasi pertama tersaji sebagai berikut :



Gambar 3.1 Grafik data nilai rata-rata tanggal 14



Gambar 3.2 Grafik data nilai rata-rata tanggal 15

Tabel 3.5 Perhitungan RMSE pada data tanggal 14 dan tanggal 15

Tanggal 14		Tanggal 15	
Residual	kuadrat	Residual	kuadrat
12,14	147,39	15,07	227,15
11,04	121,94	14,88	221,48
8,31	69,02	18,26	333,57
7,31	53,49	16,27	264,71
6,09	37,05	11,12	123,70
6,83	46,61	12,28	150,87
5,29	28,00	13,10	171,54
1,47	2,16	9,14	83,47
0,40	0,16	12,83	164,51
0,71	0,50	10,54	111,08
1,53	2,35	9,69	93,89
-0,13	0,02	12,17	148,18
5,25	27,53		
11,51	132,47		
4,90	24,03		
6,59	43,46		
9,34	87,17		
9,91	98,12		
14,66	215,05		
14,44	208,37		
7,97	63,53		
7,76	60,26		
8,84	78,10		

Pengujian data partikulat PM10 dilakukan pada tanggal 14 Oktober 2021 dengan rentang waktu pukul 14.25 WIB sampai 16:15 WIB dan tanggal 15 Oktober 2021 pada rentang waktu pukul 13.40 WIB sampai 15.30 WIB. Data alat prototipe memiliki RMSE sebesar 8,20 dan 13,21 serta koefisien korelasi 0,42 dan 0,75 dengan alat referensi. Jika dilihat pada grafik, nilai konsentrasi PM10 mengikuti tren namun sedikit lebih tinggi dari alat referensi. Hal ini disebabkan perbedaan metode pengukuran dari kedua alat dan rentang data pengujian yang pendek. Data hasil perhitungan tersaji pada tabel 3.6a dan 3.6b.

Tabel 3.6 Hasil perhitungan RMSE dan koefisien korelasi pada lokasi pertama

a. Tanggal 14

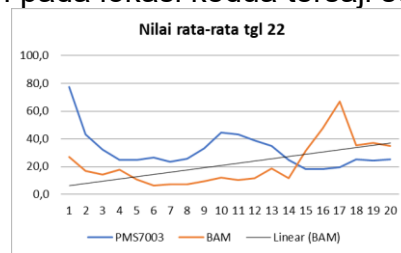
	PMS7003	Thermo	Selisih
Rata-rata	58,52	51,47	7,05
Max	67,62	54,93	12,69
Min	51,18	48,90	2,29
RMSE	8,20		
Koefisien korelasi	0,42		

b. Tanggal 15

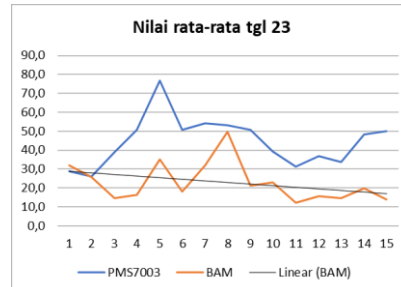
	PMS7003	Thermo	Selisih
Rata-rata	45,13	32,19	12,95
Max	51,47	39,30	12,17
Min	39,19	28,07	11,12
RMSE	13,21		
Koefisien korelasi	0,75		

Lokasi Kedua

Grafik dan tabel perhitungan pada lokasi kedua tersaji sebagai berikut :



Gambar 3.3 Grafik data nilai rata-rata tanggal 22



Gambar 3.4 Grafik data nilai rata-rata tanggal 23

Tabel 3.7 Perhitungan RMSE pada data tanggal 22 dan tanggal 23

Tanggal 22		Tanggal 23	
Residual	kuadrat	Residual	kuadrat
50,5	2547,24	-3,2	10,20
26,6	710,15	0,4	0,17
18,1	328,01	24,2	587,86
7,3	52,78	34,4	1183,93
14,2	202,00	41,9	1751,54
20,3	411,02	32,5	1055,53
16,1	259,08	22,0	483,33
18,6	347,62	3,4	11,36
23,7	559,65	29,3	857,11
32,7	1066,20	16,2	263,75
32,9	1081,77	19,1	365,77
27,3	747,95	21,2	448,97
16,2	261,99	19,1	363,70
13,3	177,19	28,3	801,05
-13,3	177,04	36,1	1301,27
-29,5	868,20		
-47,2	2226,53		
-10,1	101,81		
-12,6	158,06		
-9,7	93,61		

Pengujian data partikulat PM2.5 dilakukan pada rentang waktu tanggal 22 Oktober 2021 pukul 04.00 WIB sampai 23.00 WIB dan tanggal 23 Oktober 2021 pukul 01.00 WIB sampai 14.00 WIB. Data alat prototipe memiliki RMSE sebesar 24,88 dan 25,15 serta koefisien korelasi -0,25 dan 0,38 dengan alat referensi. Jika dilihat pada grafik, nilai konsentrasi PM2.5 mengikuti tren namun ada beberapa data yang sedikit lebih tinggi dan rendah dari alat referensi. Hal ini disebabkan perbedaan metode pengukuran dari kedua alat dan pengaruh gangguan listrik menyebabkan alat tidak beroperasi dengan stabil sehingga terdapat nilai ekstrim pada kedua alat. Data hasil perhitungan tersaji pada tabel 3.8a dan 3.8b.

Tabel 3.8 Hasil perhitungan RMSE dan koefisien korelasi pada lokasi kedua
a. Tanggal 22

	PMS7003	BAM	Selisih
Rata-rata	31,4	21,6	9,8
Max	77,5	66,8	10,7
Min	18,0	6,4	11,6
RMSE	24,88		
Koefisien korelasi	-0,25		

b. Tanggal 23

	PMS7003	BAM	Selisih
Rata-rata	44,5	22,9	21,7
Max	76,9	49,7	27,2
Min	25,9	12,2	13,7
RMSE	25,15		
Koefisien korelasi	0,38		

4. Kesimpulan

Hasil pengujian data partikulat alat prototipe menunjukkan tren yang mengikuti dengan alat referensi dengan nilai RMSE sebesar 8,20 dan 13,21 serta koefisien korelasi 0,42 dan 0,75 dengan kondisi yang baik seperti yang dilakukan pada lokasi pertama. Berdasarkan permasalahan yang terjadi pada lokasi kedua, perlu diadakan penelitian lanjutan terkait dengan sistem pewaktuan alat prototipe agar tidak terkendala jika terjadi masalah pemadaman listrik serta dilakukan pengujian dengan rentang periode yang panjang agar mendapatkan hasil real dari keadaan alat yang dirancang.

Daftar Pustaka

EPA. (2021). Particulate Matter (PM) Basics. 2021.

<https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics#PM>

Cheng, Y. H., Chang, H. P., & Yan, J. W. (2012). Temporal variations in airborne particulate matter levels at an indoor bus terminal and exposure implications for terminal workers. *Aerosol and Air Quality Research*, 12(1), 30–38. <https://doi.org/10.4209/aaqr.2011.06.0085>

Kumar, P., Morawska, L., Martani, C., Biskos, G., Neophytou, M., Di Sabatino, S., Bell, M., Norford, L., & Britter, R. (2015). The rise of low-cost sensing for managing air pollution in cities. *Environment International*, 75, 199–205. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2014.11.019>

WHO. (2002). The World Health Organization Report 2002: reducing risks, promoting healthy life. WHO Library Cataloguing-in Publication Data, 232.

HUBUNGAN KARAKTERISTIK SUHU UDARA DAN CURAH HUJAN TERHADAP TINGKAT PRODUKTIVITAS KOPI DI KABUPATEN AGAM

Quartha Rivaldo, Rendi Septa Davi

Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang, Sumatera Barat

Email: quartharivaldo@gmail.com

ABSTRAK

Parameter iklim memiliki karakteristik yang berbeda pada tiap daerah, karakter tersebut dapat dipengaruhi oleh beberapa hal baik itu dalam skala regional maupun global. Perbedaan karakter tersebut secara langsung ataupun tidak langsung memiliki dampak terhadap produksi kopi suatu tempat. Suhu udara, jumlah curah hujan, dan jumlah bulan kering merupakan faktor iklim yang perlu diperhatikan dalam produksi kopi. Untuk mengetahui karakteristik parameter iklim dan hubungannya dengan produksi kopi dapat digunakan metode analisis statistik. Kabupaten Agam memiliki suhu rata – rata tahunan sebesar 21.9°C-23.0 °C dan curah hujan yang tinggi setiap tahunnya yaitu pada rentang 2461-3094mm/tahun dengan bulan kering berjumlah kurang dari 3 kali pertahun. Kondisi tersebut merupakan kondisi yang sesuai untuk ditanami tanaman kopi namun memiliki sedikit faktor penghambat. Hasil analisis korelasi mendapatkan hubungan yang cukup baik antara suhu udara, curah hujan, dan jumlah bulan kering terhadap produktifitas kopi dengan nilai negatif pada suhu udara dan jumlah bulan kering dan positif pada parameter hujan.

Kata Kunci: Suhu udara, Curah Hujan, Produktifitas Kopi

1. Pendahuluan

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik Sumatera barat, kopi merupakan salah satu komoditi perkebunan dengan hasil produksi yang tinggi di Kabupaten Agam (>1ton/tahun). Sepanjang satu dekade terakhir, produktivitas kopi yang dihasilkan oleh petani kopi cenderung mengalami fluktuasi. Hal ini dikarenakan tanaman kopi hidup bergantung kepada kondisi lingkungannya. Menurut Djaenudin dkk (2011), Faktor lingkungan yang berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman kopi adalah faktor iklim, bentuk dan jenis tanah/lahan, drainase, bahaya bencana banjir/longsor, dsb.

Faktor iklim utama yang berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman kopi adalah temperatur udara dan curah hujan (Djaenudin dkk, 2011). Temperatur yang terlalu rendah ataupun terlalu tinggi, akan berpengaruh terhadap kesesuaian tanaman tersebut untuk tumbuh dan matang. Begitu juga dengan curah hujan yang berdampak pada genangan air di permukaan tanaman atau kekeringan. Selain itu jumlah bulan kering dalam satu tahun juga perlu diperhatikan. Menurut Djaenudin, dkk (2011) Tanaman kopi sangat tidak cocok ditanami di tempat dengan jumlah bulan kering melebihi empat kali dalam satu tahun.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana karakteristik temperatur udara, curah hujan, dan jumlah bulan kering serta bagaimana pengaruhnya terhadap produktivitas tanaman kopi di Kabupaten agam.

2. Data dan Metode

Pengumpulan data

Penelitian ini menggunakan data parameter iklim yang terdiri dari: (1) Data temperatur udara dari Stasiun GAW Bukit Kototabang 2009-2020, (2) Data curah hujan dari Stasiun GAW Bukit Kototabang 2009-2020, (3) Data produksi tanaman kopi Kab. Agam dari BPS Sumatera Barat, dan (5) Data luas lahan tanaman kopi Kab. Agam dari BPS Sumatera Barat.

Pengolahan dan Analisis Data

a. Analisis karakteristik temperatur udara dan curah hujan

Data Temperatur udara, dan curah hujan akan diolah dengan metode statistika untuk mendapatkan nilai rata-rata dengan persamaan:

$$X_b = (\sum X_i/n), d$$

Dimana, X_b merupakan nilai rata-rata unsur, X_i merupakan nilai unsur pada tahun ke-i, dan n adalah jumlah tahun pengamatan.

Kemudian dilakukan analisis fluktuasi bulanan dari masing – masing nilai rata-rata tersebut.

b. Analisis jumlah bulan kering dan tren tahunan parameter iklim (temperatur udara dan curah hujan)

Penentuan jumlah bulan kering ditentukan dengan metode klasifikasi iklim oldeman, dimana 1 bulan kering dihitung ketika jumlah curah hujan pada tahun tersebut berjumlah kurang dari 100mm. Analisis tren digunakan untuk

mengetahui bagaimana perubahan parameter dari tahun ke tahun. Nilai trend negatif menunjukkan adanya penurunan nilai parameter tersebut, sedangkan nilai positif menandakan adanya peningkatan nilai trend tersebut.

- c. Analisis korelasi jumlah bulan kering, temperatur udara dan curah hujan terhadap produktifitas Kopi tahunan.

Uji korelasi dilakukan dengan melihat hubungan antara nilai radiasi matahari dan parameter iklim terhadap produktifitas kopi tahunan. Produktivitas kopi dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Produktivitas} = \frac{\text{Hasil Produksi (Ton)}}{\text{Luas Lahan (Hektar)}}$$

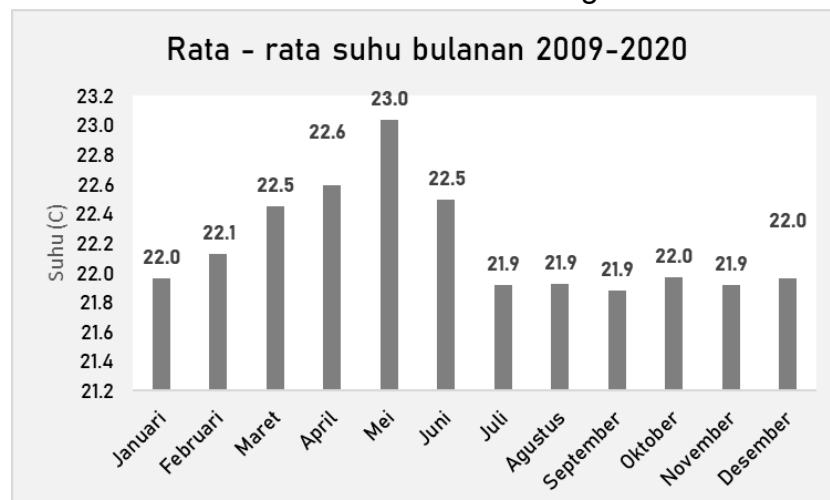
Uji korelasi dilakukan untuk mengetahui arah dan kekuatan hubungan antara radiasi matahari dan unsur iklim dengan produktivitas kopi. Nilai korelasi dinyatakan kuat apabila mendekati 1 dan dinyatakan sempurna jika koefisien korelasi bernilai 1.

3. Hasil dan Pembahasan

a. Karakteristik temperatur udara dan curah hujan

Temperatur udara.

Dalam analisis karakteristik temperatur udara, data yang digunakan data temperatur udara selama 12 tahun yang diperoleh dari pengamatan observasi Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang.

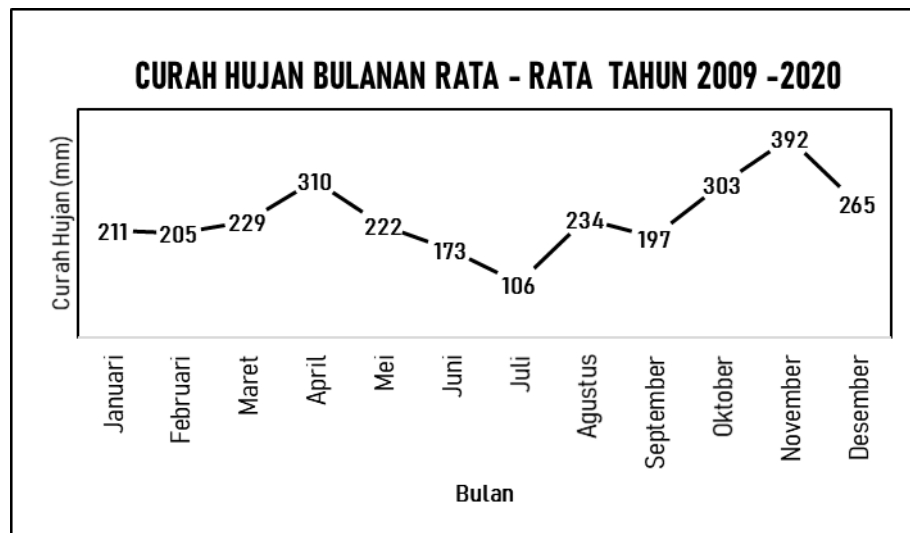


Gambar 1. Suhu Udara Bulanan (Rata-Rata Tahun 2009-2020)

Berdasarkan grafik fluktuasi suhu udara bulanan diatas, suhu udara di Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang cenderung mengalami kenaikan dari awal tahun hingga mencapai puncaknya pada bulan Mei dengan nilai rata – rata sebesar 23°C. kemudian turun dan mencapai nilai rata – rata terendah pada bulan Juli, Agustus, dan September sebesar 21.9 °C.

Curah Hujan.

Berdasarkan peta penelitian yang dilakukan oleh Bayong, pada tahun 1999. Untuk daerah di Sumatera Barat cenderung memiliki distribusi hujan bimodal atau memiliki puncak hujan sebanyak dua kali dengan sepanjang tahun hampir termasuk kedalam kriteria musim hujan.



Gambar 2. Curah hujan bulanan rata – rata tahun 2009 - 2020

Dalam analisis karakteristik curah hujan selama 12 tahun di Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang, didapatkan puncak hujan untuk wilayah ini terjadi pada bulan April dan November dengan nilai rata – rata hujan bulanan berturut – turut sebesar 310mm dan 392mm.

b. Analisis Jumlah Bulan Kering, Suhu Udara, Curah Hujan dan produktivitas tahunan Kopi.

Jumlah Bulan Kering

Informasi bulan kering maupun bulan basah diperlukan dalam berbagai sector, salah satunya adalah perkebunan dan pertanian. Untuk sector tersebut, informasi bulan kering salah satunya dapat dimanfaatkan untuk menentukan kesesuaian lingkungan yang cocok untuk menanam tanaman tertentu.

Tabel 1. Jumlah bulan kering tahun 2009-2020

Tahun	Jumlah Bulan Kering	Tahun	Jumlah Bulan Kering
2009	2	2015	1
2010	1	2016	1
2011	2	2017	1
2012	3	2018	1
2013	1	2019	1
2014	1	2020	0

Berdasarkan Tabel 1, didapatkan selama periode 2009 hingga 2020 jumlah bulan kering per tahun berada pada rentang 0-3kali/tahun, dengan dengan jumlah terbanyak pada tahun 2012 sebanyak 3 kali dan terendah pada tahun 2020 sebanyak 1 kali. Berdasarkan analisis tren, garis tren jumlah bulan kering dari tahun ketahun menunjukkan nilai yang negatif yang berarti cenderung terjadi penurunan jumlah bulan kering dari tahun – ke tahun di wilayah sekitar Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang.

Berdasarkan petunjuk teknis evaluasi lahan untuk pertanian oleh Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, jumlah bulan kering yang paling cocok (Kategori S1 dalam FAO) untuk ditanami tanaman kopi adalah daerah dengan jumlah bulan kering <2 kali dan tidak cocok (Kategori N dalam FAO) ketika >4 kali. Dengan demikian, wilayah penelitian merupakan wilayah yang sesuai untuk dilakukan penanaman kopi jika ditinjau dari jumlah bulan kering pertahunnya.

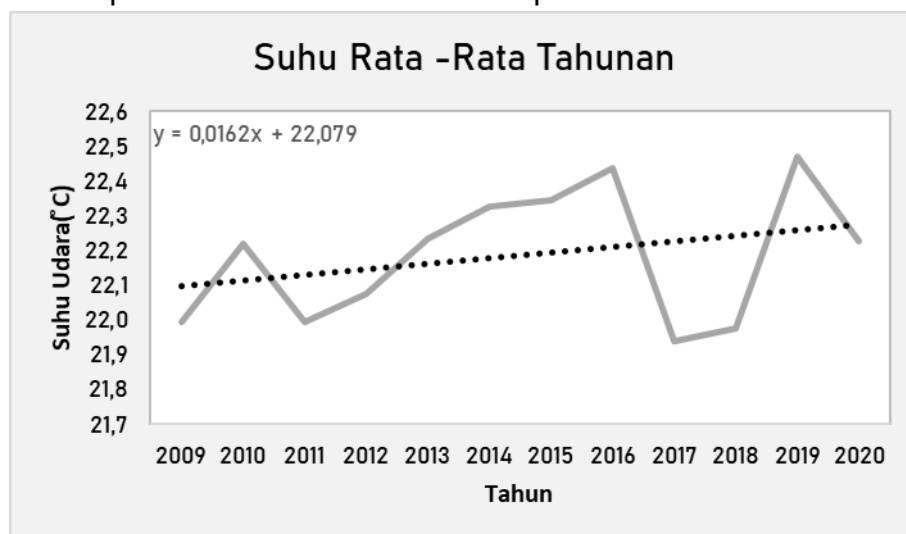
Suhu Udara

Informasi suhu udara tahunan di Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang bermanfaat untuk mengetahui tren suhu dari tahun ke tahun. Tren suhu dapat dilakukan analisis pada masing – masing bulan maupun rata – rata dalam satu tahun. Dari Persamaan tren juga dapat diketahui berapa peningkatan tiap tahun dari suhu udara tersebut. Berdasarkan persamaan tren didapatkan nilai peningkatan suhu rata – rata masing – masing bulan seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Peningkatan suhu pada masing – masing bulan

Bulan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun
Peningkatan/tahun (°C)	0.029	0.020	0.072	0.064	0.020	0.005
Bulan	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des
Peningkatan/ tahun (°C)	0.005	0.02	0.03	0.005	0.040	0.002

Persamaan trendline masing – masing bulan menunjukkan nilai yang positif yang berarti terjadi peningkatan suhu udara dari tahun – ke tahun di Kototabang. Berdasarkan Tabel 2. kenaikan tertinggi terjadi pada bulan Maret dengan kenaikan sebesar 0.072°C setiap tahunnya. Dengan demikian, jika suhu pada bulan Maret 2021 adalah sebesar 22.3 °C maka jika ditarik trendline akan mendapatkan nilai sebesar 22.73 °C pada bulan Maret 2022



Gambar 3. Suhu rata – rata tahunan

Pada Gambar 3. menunjukkan bagaimana trendline suhu rata – rata tahunan di Kototabang, Agam. Trendline menunjukkan nilai yang positif yang berarti terjadi kecenderungan peningkatan suhu rata – rata tiap tahunnya dengan peningkatan sebesar 0.0162 °C. Hal yang sama juga ditunjukkan dalam penelitian Pujiastuti (202). Menurut Pujiastuti, dalam penelitiannya di Bukit Kototabang mengenai suhu pada tahun 2005-2009 didapatkan terjadi peningkatan suhu setiap tahun ke tahun di Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang.

Berdasarkan petunjuk teknis evaluasi lahan untuk pertanian oleh Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, suhu udara yang paling cocok (Kategori S1 dalam FAO) untuk ditanami tanaman kopi adalah daerah dengan suhu udara pada rentang 25 °C - 28 °C. Wilayah penelitian tidak termasuk kedalam rentang tersebut karena hanya berada pada rentang 22 °C-22.6 °C. Namun, tanaman kopi di Agam tetap sesuai untuk ditanam karena berada pada kategori S2 dalam FAO, hanya saja memiliki sedikit faktor pembatas sehingga dibutuhkan pengelolaan yang lebih baik.

Curah Hujan

Informasi curah hujan tahunan seperti pada Gambar 4. Menunjukkan fluktuasi tahunan jumlah curah hujan di Stasiun Pemantau Atmosfer global Bukit Kototabang. Selama periode penelitian didapatkan curah hujan tahunan tertinggi terjadi pada tahun 2015 dengan jumlah curah hujan sebesar 3095mm dan terendah terjadi pada tanggal 2016 dengan nilai sebesar 2461 mm.



Gambar 4. Jumlah curah hujan tahunan

Jumlah curah hujan yang paling sesuai (S1 dalam kriteria FAO) untuk ditanami tanaman kopi menurut petunjuk teknis evaluasi lahan untuk pertanian oleh Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian adalah dalam rentang 1500-2500mm. Curah hujan di Agam tidak memenuhi rentang tersebut namun memenuhi

rentang 2500-3000mm (S2) yang berarti cukup sesuai dengan sedikit perbatasan dan butuh pengelolaan yang lebih baik.

c. Hubungan jumlah bulan kering, temperatur udara, dan curah hujan dengan produktivitas kopi

Hubungan jumlah bulan kering, temperatur udara, dan curah hujan dengan produktivitas kopi di analisis menggunakan analisis statistik correlation pearson. Hasil korelasi dapat dilihat pada tabel berikut

Tabel 3. Korelasi jumlah bulan kering, suhu, dan hujan terhadap tanaman kopi

Parameter	Korelasi dengan Produktifitas kopi	p-value
Jumlah bulan kering	-0.504	>0.05
Suhu	-0.595	>0.05
Hujan	0.578	<0.05

Berdasarkan Tabel 3. Didapatkan nilai korelasi dan p-value untuk ketiga parameter dengan produktifitas kopi. Korelasi yang cukup baik didapatkan antara jumlah bulan kering dengan produktifitas kopi yaitu dengan nilai -0.504. Korelasi bernilai negatif yang menandakan produktifitas akan meningkat seiring dengan berkurangnya jumlah bulan kering. Begitu juga dengan korelasi suhu dengan produktifitas kopi dengan nilai -0.595 yang menandakan semakin rendah suhu akan beriringan dengan peningkatan produktifitas di Kab Agam. Curah hujan juga menunjukkan korelasi yang cukup baik dengan produktifitas kopi di Kabupaten Agam dengan nilai 0.578. Korelasi bernilai positif yang menandakan bahwa peningkatan hujan berpengaruh terhadap peningkatan produktifitas kopi. Nilai p-value digunakan untuk melihat apakah H_0 ditolak atau di terima. Nilai p-value pada korelasi hujan dengan produktifitas kopi bernilai <0.05 yang menandakan kedua parameter tersebut mempunyai hubungan yang nyata.

Penelitian terdahulu

Indiasty C. M dkk (2019) melakukan penelitian tentang hubungan variabilitas hujan dengan tanaman jagung dan kopi di Machackos Sub County Kenya dengan periode data 1990-2014. Hasil penelitian tersebut mendapatkan hubungan yang cukup kuat antara hujan dengan hasil kopi dengan nilai korelasi sebesar 0.695 dengan significant level 0.05

Msuya A.B (2013) melakukan penelitian tentang dampak variabilitas iklim terhadap produksi kopi di Kigoma District, Tanzania. Hasil penelitian menunjukkan korelasi lemah ditunjukkan antara hujan dengan produksi kopi dengan significant level 0.275.

Samuel, Bungango (2018) dalam penelitian dampak variabilitas suhu udara dan curah hujan terhadap produksi kopi di Maraba, Rwanda. Hasil penelitian menunjukkan nilai positif lemah untuk hubungan curah hujan dengan produksi kopi dan korelasi negatif antara suhu udara dengan produksi kopi.

Karim dkk dalam penelitiannya tentang dampak perubahan iklim terhadap produktifitas kopi arabika di Aceh Tengah. Hasil korelasi yang didapatkan antara curah hujan dengan produktifitas kopi berada kategori kuat yaitu dengan nilai 0.746.

Gizaw (2020) dalam penelitiannya tentang dampak variabilitas dan perubahan iklim terhadap hasil kopi di Deder Woreda, Ethiopia mengatakan adanya hubungan/korelasi bernilai positif antara curah hujan dengan hasil produksi kopi.

4. Kesimpulan

Berdasarkan data pengamatan dan analisis yang tertulis diatas dapat disimpulkan sebagai berikut.

- Karakteristik rata -rata suhu dan jumlah curah hujan selama 12 tahun menunjukkan suhu rata -rata berada pada rentang 21,9°C-23,0°C dengan nilai tertinggi terjadi pada bulan Mei dan jumlah curah hujan memiliki dua puncak hujan yaitu pada bulan April dan November
- Jumlah bulan kering/tahun di Bukit Kototabang berada pada rentang 0-3 kali merupakan jumlah bulan kering yang sangat sesuai untuk ditanam tanaman kopi, Curah hujan tahunan pada rentang 2461-3095 merupakan daerah yang sesuai untuk ditanami tanaman kopi namun butuh pengelolaan yang lebih baik karena terdapat faktor penghambat, begitu juga dengan suhu rata -rata tahunan.
- Analisis korelasi menunjukkan adanya hubungan yang cukup baik antara ketiga parameter dengan hasil produksi dimana suhu dan jumlah bulan kering berkorelasi negatif terhadap produktifitas kopi sedangkan curah hujan berkorelasi positif dengan hubungan yang nyata.
- Berdasarkan beberapa kajian terdahulu terdapat hubungan positif antara hujan dengan produktifitas kopi dan negatif antara suhu dengan produktifitas kopi, namun dengan nilai kekuatan hubungan yang bervariasi.

Daftar Pustaka

Badan Pusat Statistik Sumatera Barat. 2021. *Luas Area Tanaman Perkebunan Rakyat*. <https://sumbar.bps.go.id/indicator/54/49/1/luas-area-tanaman-perkebunan-rakyat-.html>. Diakses pada Bulan Desember 2021.

Badan Pusat Statistik Sumatera Barat. 2021. *Produksi Tanaman Perkebunan Rakyat*. <https://sumbar.bps.go.id/indicator/54/49/20/produksi-perkebunan-rakyat-.html>. Diakses pada Bulan Desember 2021.

Djaenudin, D., Marwan, H., Subagjo, H., dan A. Hidayat. 2011. Petunjuk Teknis Evaluasi Lahan Untuk Komoditas Pertanian. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, Badan Litbang Pertanian, Bogor. 36p.

Gizaw, Wasihun dkk. 2020. Effects of Climate Change and Variability on Coffee Yield in Deder Woreda, Eastern Oromia, Ethiopia. *Forestry and Agriculture Review* 1(1): 1-6

Herlina, Ninuk dkk. 2020. Pengaruh Temperatur dan Curah Hujan Terhadap Produktivitas Tembakau di Kabupaten Malang. *Journal of Agricultural Science* 2020 5(1): 52-63.

Indarto, dkk. 2012. Analisis Spasial Distribusi Bulan Basah dan Bulan Kering di Jawa Timur. *Agritech* 32(4): 432-445.

Indiatsy, C.M. and Paul Obuom. 2019. *The Effect of Rainfall Variability on Maize and Coffee Farming Activities Between 1990-2014 in Machakos Sub County*

Kenya. *International Journal of Multidisciplinary and Current research* 7: 600-609.
Karim, Abubakar dkk. *The Climate Change Impact on Productivity of Arabica Coffee in Aceh Tengah District*. Catania: University of Catania.

Msyuya, Azzi Mbayu. 2013. *Impact of Climate Variability on Coffee Production and Farmers Coping and Adaption Strategies Highlands of Kigoma District, Tanzania*. Morogoro: Sokoine University.

Pariamanda, Sindy dkk. 2016. Analisis Kesesuaian Lahan untuk Perkebunan Kopi di Kabupaten Semarang. *Jurnal geodesi Undip* 5(1): 116-124.

Pujiastuti, Dwi dkk. 2010. Analisis Efek Karbon Dioksida (CO₂) Terhadap Kenaikan Temperatur di Bukit Kototabang tahun 2005-2009. *Jurnal Ilmu Fisika* 2(2): 56-67
Samuel, Bungingo. 2018. *Impact of Temperature and Rainfall Variability on Coffee Production in Maraba*. Kigali: University of Rwanda.

PERBANDINGAN PM_{2,5} DAN PM₁₀ PADA HASIL PENGUKURAN DI STASIUN PEMANTAU ATMOSFER GLOBAL, BUKIT KOTOTABANG

Rinaldi

*Stasiun GAW Bukit Kototabang
Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika-Sumatera Barat
Email: rinaldye@gmail.com*

ABSTRAK

Tulisan ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan data yang dihasilkan untuk nilai PM_{2,5} dan PM₁₀ terkait hasil pengukuran analyzer baru BAM 1020 untuk PM_{2,5} dan PM₁₀ yang baru di pasang di Stasiun Pemantau Atmosfer Global, Bukit Kototabang. Pada analisisnya nanti menggunakan data hasil pengukuran PM_{2,5} dan PM₁₀ sejak tanggal 1 November 2021 Jam 00:00 sampai dengan tanggal 30 November 2021 jam 23:00. Untuk mengetahui hubungan antara hasil pengukuran PM_{2,5} dan PM₁₀ ini akan membandingkan nilai konsentrasi PM_{2,5} dan PM₁₀ dengan data meteorologi seperti suhu dan RH serta waktu dalam pengukuran dari analyzer BAM 1020 itu sendiri.

Kata Kunci: PM_{2,5} , PM₁₀, Suhu,RH, waktu

1. PENDAHULUAN

Udara yang bersih merupakan kebutuhan utama semua makhluk hidup terutama manusia. Salah satu parameter kualitas udara yang di ukur di Stasiun GAW Bukit Kototabang adalah Aerosol PM_{2,5} dan PM₁₀. Aerosol PM_{2,5} dan PM₁₀ merupakan salah satu parameter kualitas udara yang bisa dijadikan sebagai indikator acuan dalam penentuan kualitas udara. Hal ini dikarenakan parameter ini memberikan respon paling cepat apabila terjadi perubahan pada dinamika atmosfer akibat peningkatan kadar polutan udara.

Untuk mengetahui kualitas udara pada suatu tempat diperlukan sebuah alat untuk mengukur atau monitoringnya, diantaranya adalah analyzer BAM 1020 seperti yang di gunakan pada Stasiun Pemantau Atmosfer Global, Bukit Kototabang. Analyzer BAM 1020 ini bisa di gunakan untuk mengukur atau monitoring besaran Partikulat Meter pada beberapa ukuran, diantaranya untuk 2,5 mikron dan 10 mikron yang lebih di kenal dengan istilah PM_{2,5} dan PM₁₀. Sehubungan dengan pemasangan baru 2 alat pengukur / monitoring Partikulat Meter PM_{2,5} dan PM₁₀ Analyzer BAM 1020 pada Stasiun Pemantau Atmosfer Global, Bukit Kototabang maka beranjak dari situ perlu rasanya di ketahui hubungan antara PM_{2,5} dan PM₁₀ pada hasil pengukuran alat BAM 1020 yang baru terpasang di Stasiun Pemantau Atmosfer Global, Bukti Kototabang tersebut.

Untuk mengetahui hubungan hasil pengukuran BAM1020 pada PM_{2,5} dan PM₁₀ penulis akan mempergunakan beberapa data pendukung yang ada pada BAM1020 itu sendiri, diantaranya suhu, RH dan waktu pengukuran .

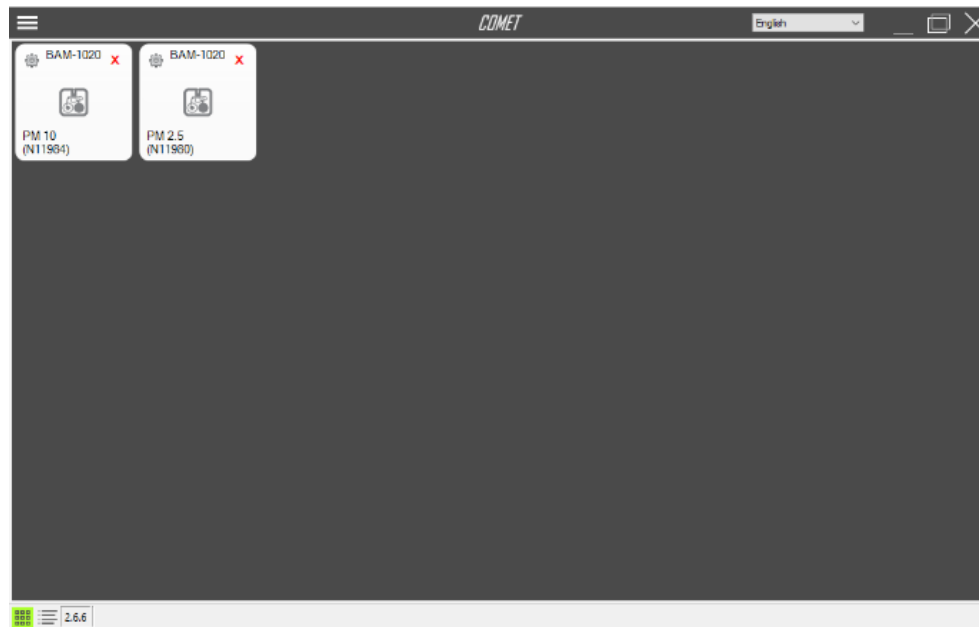
2. METODOLOGI PENELITIAN

Metode utama yang digunakan untuk kajian ini adalah dengan membandingkan rata-rata nilai yang di dapat pada pengukuran oleh kedua analyzer BAM 1020 sejak tanggal 1 November 2021 sampai dengan dengan 30 November 2021 dari masing-masing komponen yang terukur diantaranya PM_{2,5} , Suhu, RH waktu dan PM₁₀. Dalam proses quality control data yang di dapat, apabila ada data minus maka data tersebut tidak digunakan dan yang di ambil hanyalah data positif nya saja. Didalam pengolahannya nanti penulis menggunakan pivot table yang ada pada Microsoft excel 2019 untuk membuat rata-rata nilai dari PM_{2,5} , PM₁₀, Suhu, RH dan waktu pengukurannya.

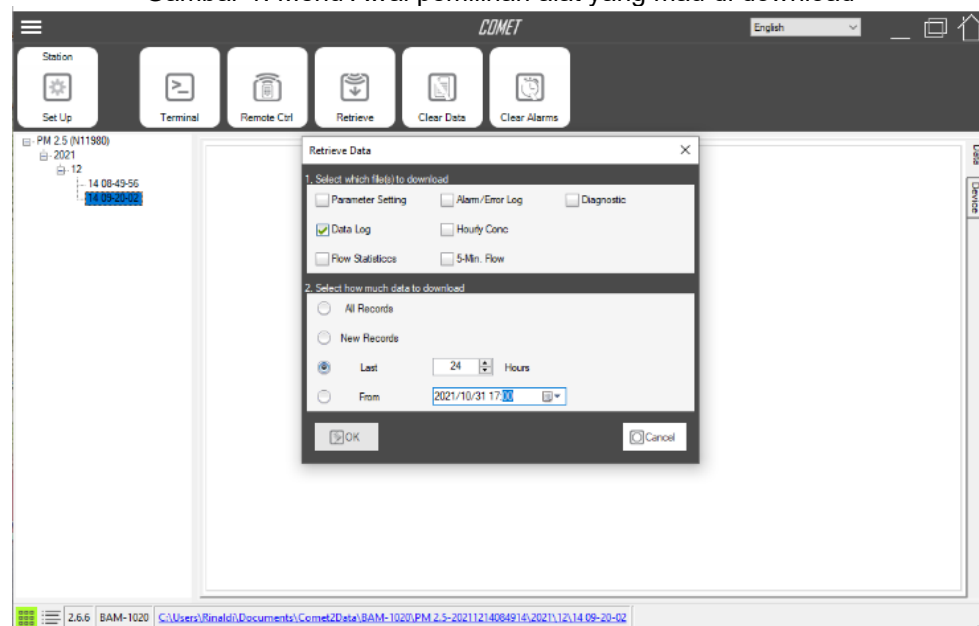
Dalam analisisnya nanti penulis hanya menganalisa sebatas data yang dihasilkan dari logger BAM 1020 itu saja tanpa memperhatikan factor luar lain seperti arah angin dan kecepatan angin dan faktor diluar data yang di dapat dari logger BAM 1020. Didalam analisisnya penulis mencoba membandingkan grafik yang di hasilkan oleh data yang di dapat pada pengolahan menggunakan pivot table Microsoft excel 2019 tadi. Disanalah penulis memberikan Analisa dan kesimpulan terhadap data yang di dapat dari grafik yang di tampilkan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

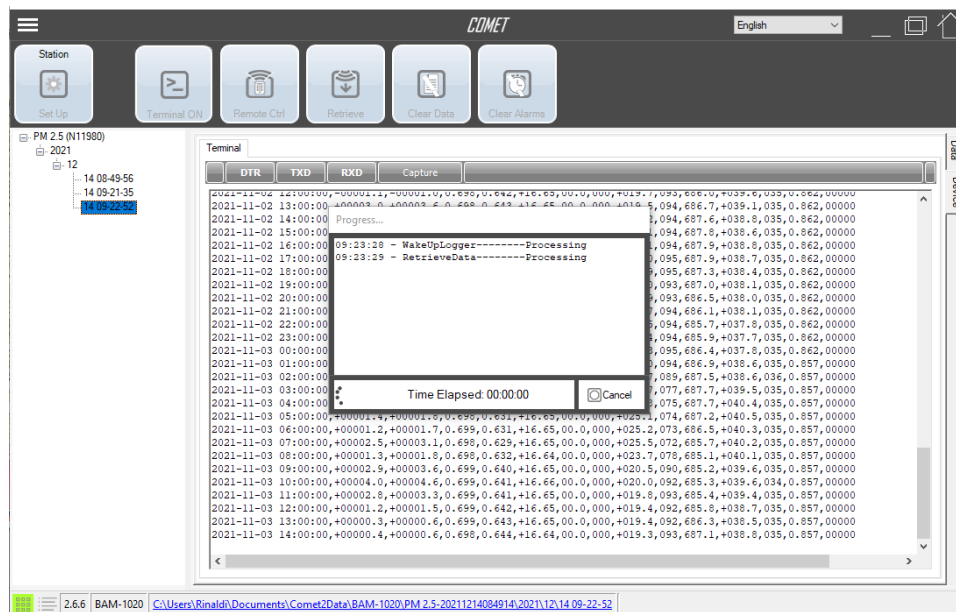
Setelah semua pengukuran selesai dari PM_{2,5} dan PM₁₀ oleh masing-masing analyzer BAM1020 selesai di lakukan penulis mengambil data PM_{2,5} dan PM₁₀ yang tersimpan di logger masing-masing BAM 1020 dengan menggunakan aplikasi bawaan MetOne yakni Comet2. Berikut tahap-tahap tampilan dari aplikasi Comet2 saat dilakukan pengambilan (download) data PM_{2,5} dan PM₁₀ dari BAM 1020.



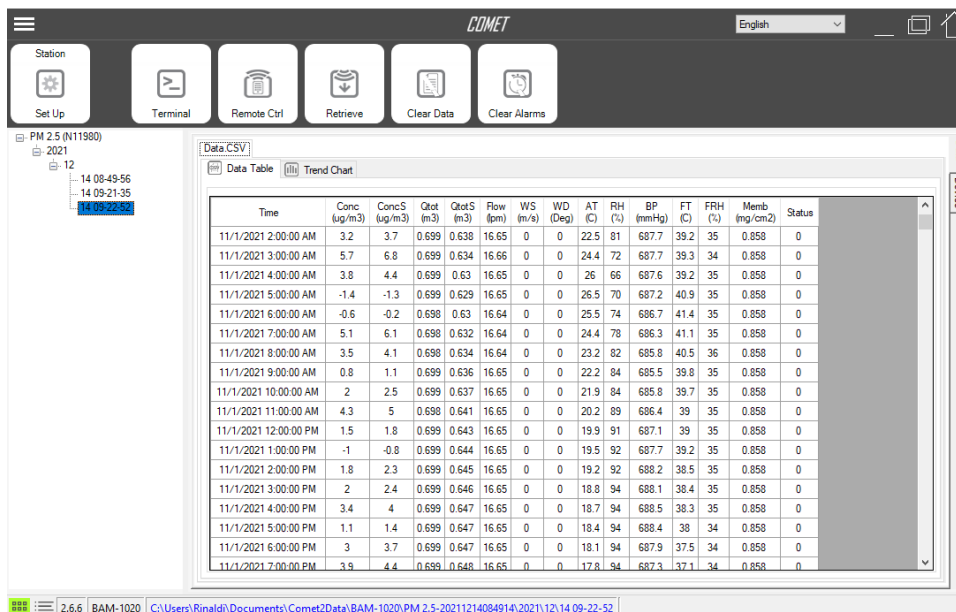
Gambar 1. Menu Awal pemilihan alat yang mau di download



Gambar 2. Pemilihan interval data yang mau di download



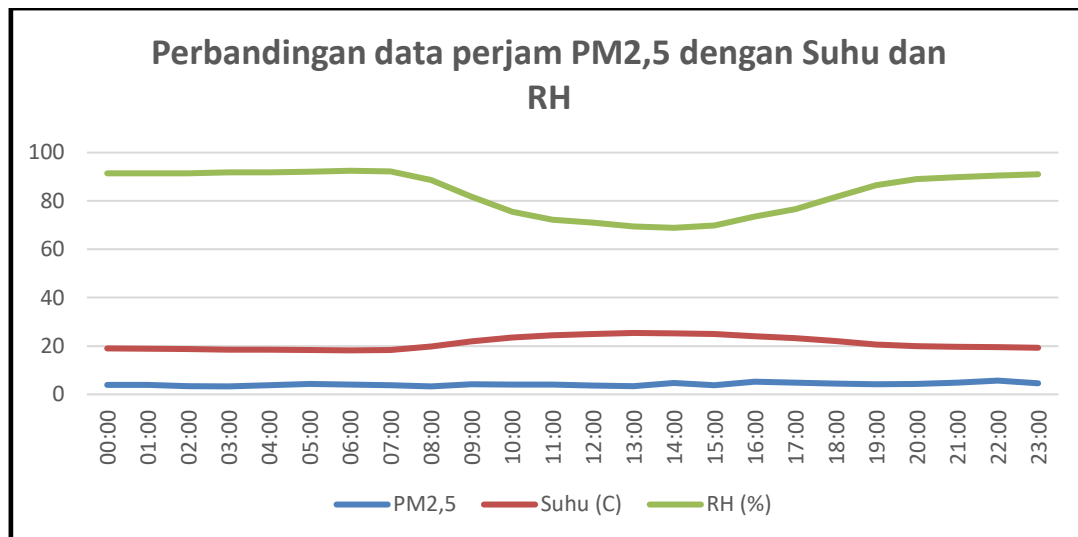
Gambar 3. Proses download data



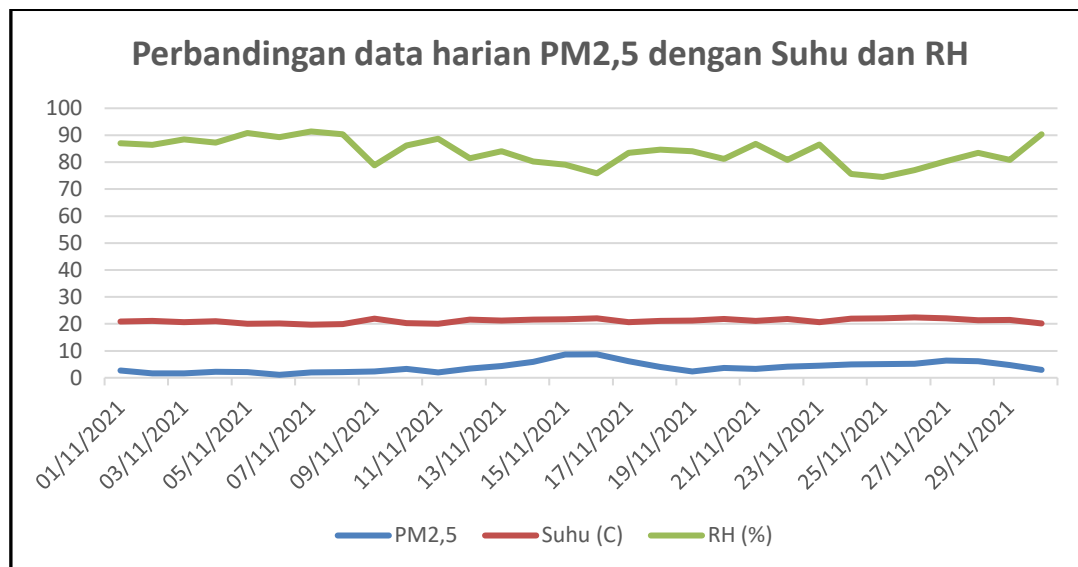
Gambar 4. Tampilan data yang berhasil di download

Setelah semua data didownload data diolah dengan pivot table dan di dapatlah rata-rata nilai masing-masing parameter PM_{2,5} , PM₁₀ Suhu dan RH pada waktu perjam dan harian. Kemudian di buatkanlah grafiknya seperti gambar di bawah ini.

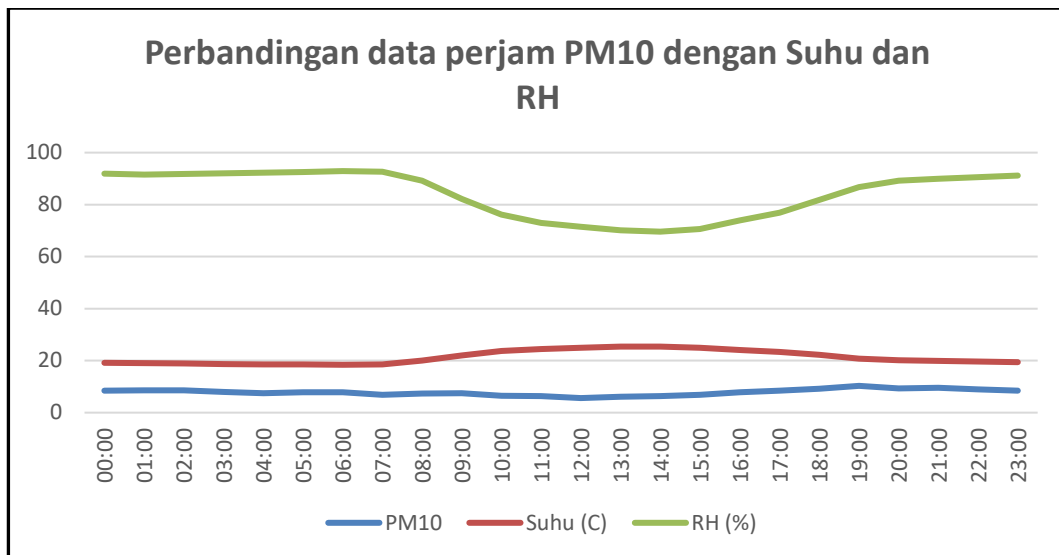
Berikut adalah perbandingan data PM_{2,5} DAN PM₁₀ dengan Suhu dan RH perjam dan harian :



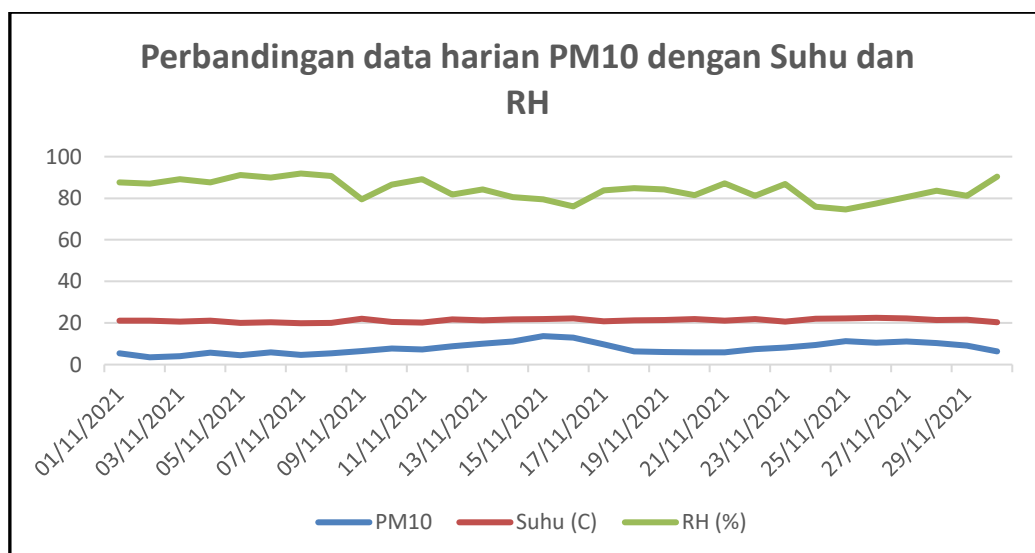
Gambar 1. Grafik Perbandingan Data perjam PM2,5 dengan suhu dan RH



Gambar 2. Grafik Perbandingan Data harian PM2,5 dengan suhu dan RH



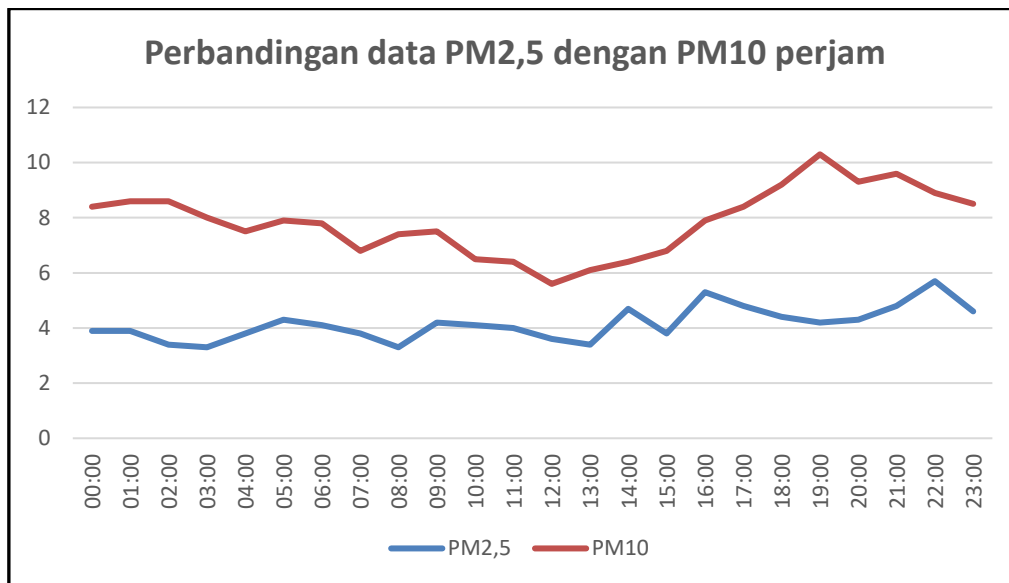
Gambar 3. Grafik Perbandingan Data perjam PM10 dengan suhu dan RH



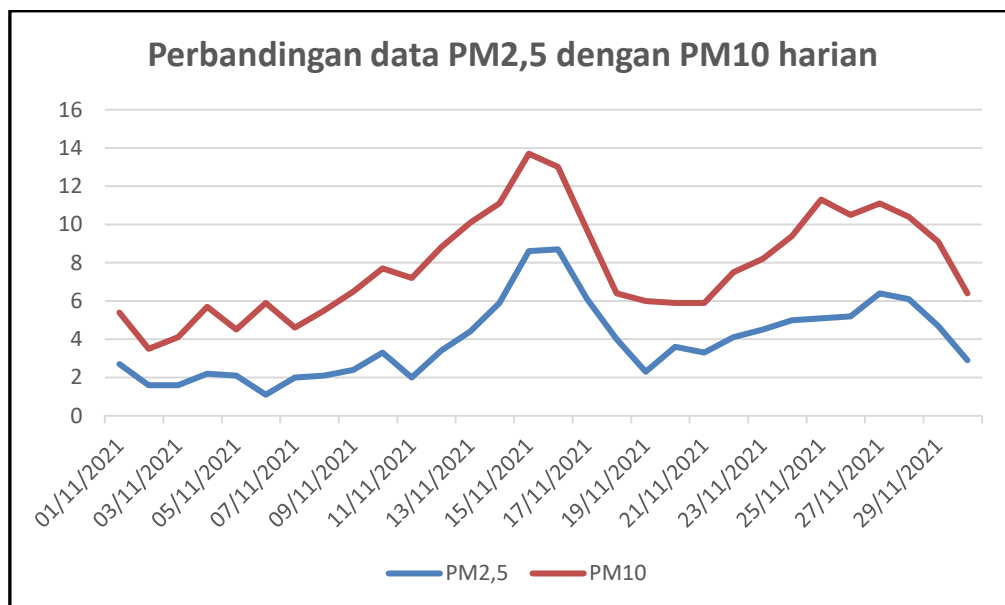
Gambar 4. Grafik Perbandingan Data harian PM10 dengan suhu dan RH

Pada grafik Gambar 1 dan 2 diatas terlihat bahwa konsentrasi PM_{2,5} tidak di pengaruhi oleh suhu dan RH sementara pada grafik Gambar 3 dan 4 diatas terlihat bahwa konsentrasi PM₁₀ terlihat di pengaruhi oleh suhu dan RH pada jam-jam tertentu, dimana apabila suhu naik dan RH turun nilai PM₁₀ juga ikut turun

Berikut adalah perbandingan data PM_{2,5} dengan PM₁₀ perjam dan harian yang terukur :



Gambar 5. Grafik Perbandingan Data PM_{2,5} dan PM₁₀ perjam



Gambar 6. Grafik Perbandingan Data PM_{2,5} dan PM₁₀ harian

Dari grafik Gambar 5 dan 6 perbandingan data PM_{2,5} dan PM₁₀ diatas dapat disimpulkan bahwa Nilai konsentrasi PM₁₀ selalu diatas dari nilai konsentrasi PM_{2,5}, hal ini karena dalam PM₁₀ juga terdapat PM_{2,5}.

Setelah di cari persentase PM_{2,5} terhadap PM₁₀ dengan data yang digunakan pada tulisan ini di dapat bahwa untuk data untuk data perjam terdapat 52,9% PM_{2,5} pada PM₁₀, sedangkan untuk data harian terdapat 49,9% PM_{2,5} pada PM₁₀ selama Bulan November 2021. Dapat disimpulkan secara umum setengah dari partikulat PM₁₀ terdapat PM_{2,5}.

D. KESIMPULAN

Dari hasil perbandingan dan analisis data PM_{2,5} dan PM₁₀ yang dihasilkan analyzer BAM 1020 sejak tanggal 1 November 2021 sampai dengan 30 November 2021 dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Nilai konsentrasi PM_{2,5} tidak terlihat di pengaruhi oleh suhu dan RH pada saat pengukuran.
2. Nilai konsentrasi PM₁₀ di pengaruhi oleh RH pada saat pengukuran apabila dilihat dari rata-rata data perjam.
3. Nilai konsentrasi PM_{2,5} selalu di bawah PM₁₀ karena secara teori maupun prakteknya dalam PM₁₀ juga mengandung partikulat PM_{2,5} nya.
4. Terdapat $\pm 51,4\%$ PM_{2.5} pada setiap PM₁₀ pada data November 2021 pada pengukuran partikulat PM_{2.5} dan PM₁₀ dengan BAM 1020 di Stasiun Pemantau Atmosfer Global, Bukit Kototabang.

DAFTAR PUSTAKA

BAM 1020 Particulate Monitor Operation Manual BAM 1020-9805 Rev B. (2020). Los Angeles County: California.

BAM 1020 Particulate Monitor Operation Manual BAM 1020-9800 Rev W. (2020). Los Angeles County: California.

VARIASI KONSENTRASI KARBON MONOKSIDA DI BUKIT KOTOTABANG TAHUN 2016-2020

Ikhsan Buyung Arifin¹, Dwiky Pujo Pratama²

¹*Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang, Sumatera Barat.*

**E-mail: ikhsanarifin07@gmail.com*

ABSTRAK

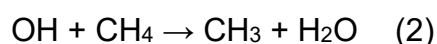
Gas Karbon Monoksida (CO) merupakan salah satu gas reaktif yang diamati di Bukit Kototabang. Gas reaktif penting untuk memahami siklus *trace gas*, kapasitas oksidasi di atmosfer, menilai dampak dari perubahan emisi, serta verifikasi model numerik. Penelitian ini membahas tentang variasi temporal konsentrasi gas CO di Kototabang dari tahun 2016 hingga 2020. Pengukuran menggunakan instrumen HORIBA APMA360 dari tahun 2016-2018 dan Picarro G2410 dari tahun 2019-2020. Pengukuran dilakukan secara kontinu dengan resolusi data tiap 5 menit untuk HORIBA APMA360 dan tiap 1 menit untuk Picarro G2410. Hasil menunjukkan trend naik untuk konsentrasi CO yang terukur selama periode penelitian. Konsentrasi harian tertinggi terukur sebesar 1885 ppb dan terendah sebesar 48 ppb dengan rata-rata harian 132 ppb dan median 118 ppb. Untuk variasi tahunan, tahun 2019 merupakan tahun dengan nilai CO tertinggi dan tahun 2018 merupakan tahun dengan nilai terendah. Variasi bulanan menunjukkan terdapat 2 puncak tertinggi dengan nilai konsentrasi tertinggi terjadi pada bulan Februari dan September. Pola diurnal memperlihatkan terdapat peningkatan konsentrasi CO pada pagi hari dengan nilai tertinggi pada pukul 08 dan 09 WIB lalu nilai konsentrasi menurun hingga nilai terendah pada pukul 13-15 WIB selanjutnya konsentrasi CO naik secara perlahan hingga pukul 23 dan cenderung stabil pada pukul 00-06 WIB. Berdasarkan pola hariannya, konsentrasi CO tertinggi terjadi pada hari Senin dan menurun hingga nilai terendah pada hari Kamis lalu naik kembali pada hari-hari akhir pekan.

Kata kunci: *karbon monoksida, kototabang, gas reaktif*

1. Pendahuluan

Gas karbon monoksida merupakan yang tak berwarna, tak berbau, dan tak berasa serta berbahaya bagi manusia pada jika terhirup dalam jumlah banyak. Gas ini dihasilkan dari pembakaran tak sempurna dari senyawa karbon, dapat berasal dari kebakaran hutan, gas buang kendaraan, maupun gas buang mesin yang menggunakan bahan bakar fosil. Konsentrasi rata-rata bulanan CO di Kototabang berkisar antara 120-260 ppb [1] dan nilai tersebut jauh dibawah ambang batas 30.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ atau 34.350 ppb pada kondisi standar (1 atm, 25°C) sehingga nilai tersebut masuk dalam kategori baik bagi kesehatan [2].

Gas CO merupakan gas reaktif yang dapat mempengaruhi komposisi kimia atmosfer serta berperan penting dalam hubungan kimia atmosfer dan iklim. Gas reaktif penting untuk memahami siklus *trace gas*, kapasitas oksidasi di atmosfer, menilai dampak dari perubahan emisi, serta verifikasi model numerik. Sekitar 40-50% CO di atmosfer berasal dari reaksi fotokimia [3]. Gas ini dapat bertahan di atmosfer dengan rentang hidup 2 bulan lalu luruh dengan cara bereaksi bereaksi dengan hidroksil OH di atmosfer seperti pers. (1)[4]:



Hidroksil OH juga dibutuhkan pada peluruhan gas metana (CH_4) seperti yang ditunjukkan pers. (2) [4] namun penelitian [5] menunjukkan bahwa peluruhan OH oleh CO hampir dua kali lebih banyak dari pada peluruhan OH oleh CH_4 . Oleh karena itu penurunan konsentrasi CO global dapat meningkatkan radikal OH sehingga dapat meningkatkan tingkat peluruhan CH_4 [6].

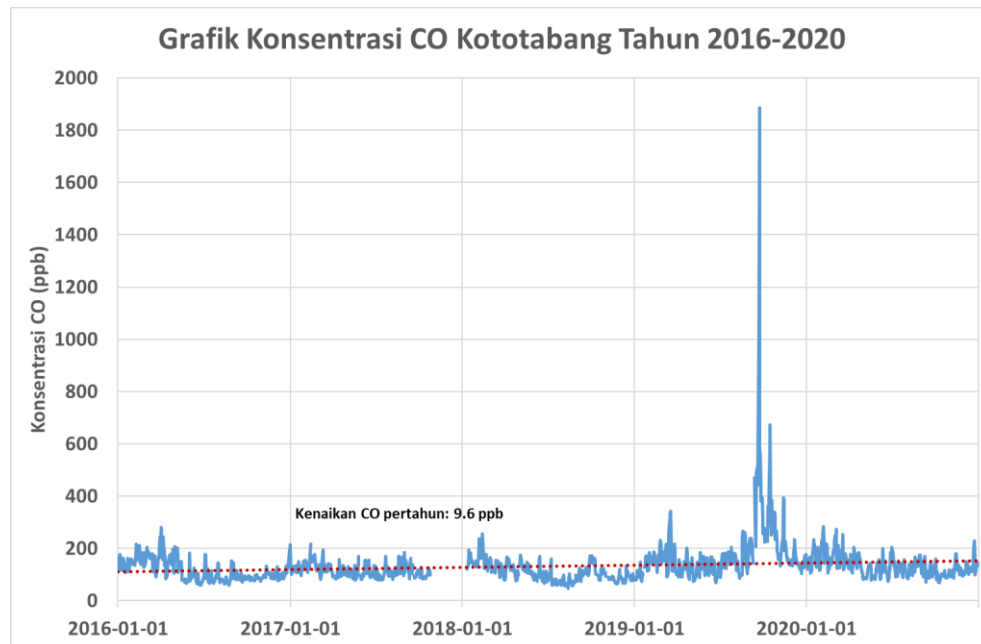
2. Metode Penelitian

Penelitian dilakukan di Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang, Kabupaten Agam, Sumatra Barat (0° 12' 07" LS – 100° 19' 05" BT). Berjarak 17 km dari kota terdekat yaitu Bukittinggi dan berada di area terpencil pada ketinggian 864,5 m DPL dan 40 km dari garis pantai bagian barat. Lokasi yang jauh dari pemukiman dan sumber polutan serta dikelilingi oleh hutan hujan tropis menjadikan tempat ini ideal sebagai lokasi pengamatan polutan *background* di atmosfer.

Data yang digunakan yaitu data hasil monitoring CO di Kototabang menggunakan instrumen HORIBA APMA360 dari tahun 2016-2018 dan Picarro G2410 dari tahun 2018-2020. Instrumen HORIBA APMA360 memiliki keluaran data agregat 5 menit, selanjutnya data tersebut dilakukan quality control lalu dijadikan rata-rata perjam. Data Picarro G2410 keluaran alat memiliki resolusi data per 5 detik yang selanjutnya dilakukan quality control pada data dan dijadikan rata-rata perjam. Selanjutnya data perjam dirata-ratakan berdasarkan periode waktu tahunan, bulanan, harian, serta pola diurnal untuk melihat bagaimana pola CO pada setiap periode tersebut.

3. Hasil dan Pembahasan

Konsentrasi CO rata-rata harian selama periode 2016-2020 yang ditunjukkan pada gambar 1 memperlihatkan tren kenaikan sebesar 9.6 ppb pertahun. Konsentrasi terendah terjadi pada tanggal 13 Agustus 2018 sebesar 48 ppb. Konsentrasi tertinggi terjadi pada tanggal 23 September 2019 sebesar 1885 ppb yang terjadi pada puncak episode kebakaran hutan di Sumatra tahun 2019. Selama periode kebakaran hutan tersebut terjadi kenaikan nilai konsentrasi CO yang signifikan pada bulan September dan Oktober 2019. Konsentrasi CO harian rata-rata selama periode penelitian yaitu 132 ppb dengan nilai median 118 ppb.



Gambar 1. Grafik rata-rata harian CO di Bukit Kototabang periode 2016-2020.

Gambar 2 memperlihatkan grafik rata-rata tahunan konsentrasi CO pada periode penelitian. Nilai konsentrasi pada tahun 2019 terlihat lebih tinggi daripada tahun lainnya sebesar 182 ppb. Hal ini disebabkan karena terjadi kebakaran hutan yang cukup lama dan intens pada tahun tersebut. Nilai konsentrasi CO tahun 2020 juga lebih tinggi dibandingkan tahun 2016-2018, dikarenakan masih terdapat beberapa kali terdampak kejadian kabut asap di Sumatra namun dengan intensitas dan periode yang lebih sedikit daripada tahun 2019.



Gambar 2. Grafik rata-rata tahunan CO di Kototabang periode 2016-2020.

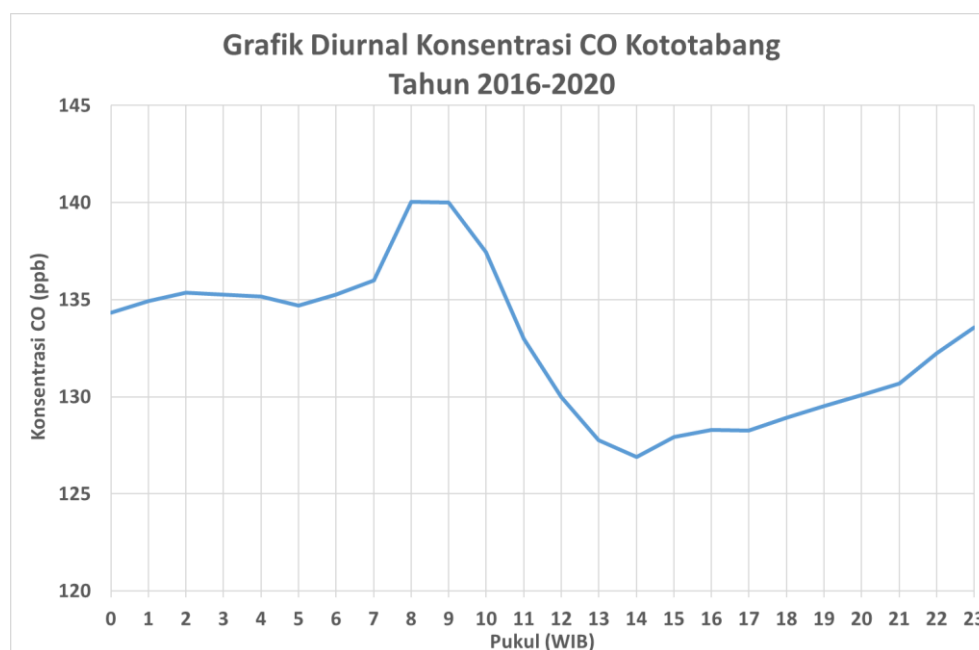
Pola rata-rata CO bulanan ditunjukkan pada gambar 3 memperlihatkan puncak nilai konsentrasi terjadi pada bulan Februari-Maret dan September-Oktober. Kedua puncak ini terjadi pada periode kabut asap di Kototabang. Pada periode September-Oktober umumnya angin bertiup dari arah selatan hingga tenggara dengan jumlah titik panas yang meningkat di wilayah yang dilalui angin sehingga dapat meningkatkan konsentrasi CO yang terukur. Sedangkan pada periode Februari-Maret angin bertiup dari utara hingga timur. Pada periode ini biasanya terjadi peningkatan aktivitas hotspot di wilayah timur Kototabang sehingga menaikkan nilai konsentrasi yang terukur.



Gambar 3. Pola konsentrasi CO bulanan di Bukit kototabang tahun 2016-2020.

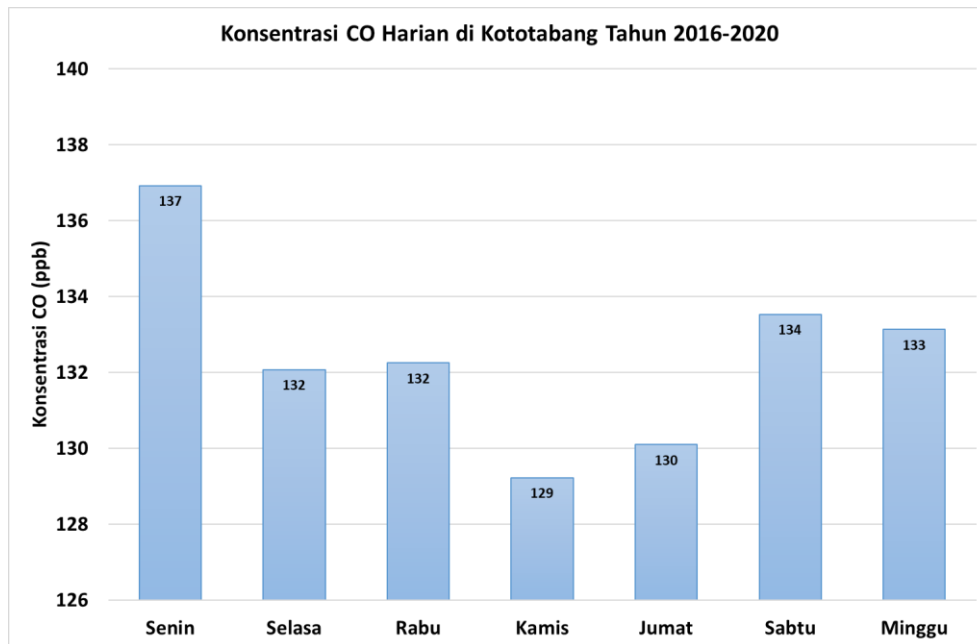
Pola diurnal seperti yang terlihat pada gambar 4 memperlihatkan terjadi peningkatan nilai konsentrasi CO pada pagi hari yang dimulai dari pukul 06 WIB dan naik dengan cepat pada pukul 07 WIB hingga mencapai puncaknya pada pukul 08-09 WIB dengan nilai puncak sekitar 140 ppb. Setelah itu konsentrasi CO menurun hingga pukul 14 hingga nilai 127 ppb dan setelah itu naik kembali secara perlahan hingga pukul 00. Setelah pukul 00 nilai CO cenderung stabil berada di kisaran 135 ppb hingga pukul 05 WIB. Kenaikan konsentrasi CO di pagi hari dapat disebabkan akibat adanya

lapisan inversi dan aktivitas manusia. Lapisan inversi menahan CO tetap berada dekat dengan permukaan, sementara itu emisi CO dari kegiatan manusia yang berasal dari sumber-sumber terdekat meningkat yang mengakibatkan terjadinya lonjakan CO pada pagi hari. Pada pukul 09-14 terjadi penurunan nilai CO, hal ini dapat disebabkan karena lapisan inversi pada pagi hari sudah mulai menghilang. Peningkatan aktivitas konvektif dan turbulensi pada siang hari dapat membantu proses dispersi CO di permukaan hingga menyebar sampai lapisan boundary layer. Peningkatan ketinggian lapisan boundary layer juga dapat meningkatkan efek dispersi tersebut sehingga nilai CO yang terukur semakin menurun. Pada pukul 14 setelah atmosfer menerima panas maksimum, terjadi pendinginan secara perlahan yang mengakibatkan menurunnya lapisan boundary layer. Penurunan lapisan ini menyebabkan peningkatan CO yang berada di lapisan tersebut, akibatnya CO naik secara perlahan hingga pukul 00 WIB.



Gambar 4. Pola diurnal konsentrasi CO di Bukit Kototabang periode pengukuran 2016-2020.

Berdasarkan siklus hariannya, hari Senin merupakan hari dengan nilai konsentrasi CO tertinggi dengan nilai konsentrasi sebesar 137 ppb seperti yang ditampilkan pada gambar 5. Hari dengan konsentrasi CO terendah terjadi pada hari Kamis sebesar 129 ppb. Pola ini kemungkinan disebabkan oleh aktivitas manusia yang meningkat pada akhir pekan dan hari Senin.



Gambar 5. Pola CO harian di Bukit Kototabang periode 2016-2020.

4. Kesimpulan

Konsentrasi rata-rata harian CO di Kototabang sebesar 132 ppb dengan kenaikan konsentrasi CO sebesar 9,6 ppb pertahun. Tahun 2019 merupakan tahun dengan nilai CO tertinggi yang diakibatkan terdapat kejadian kabut asap dengan intensitas yang tinggi dan periode yang panjang yang terjadi pada bulan September hingga Oktober. Periode ini merupakan puncak nilai CO yang terukur di Kototabang selain bulan Februari-Maret. Konsentrasi yang terukur pada periode September-Oktober umumnya akibat dari peningkatan titik panas di Sumatra bagian selatan hingga tenggara serta angin yang bertiup dari arah tersebut. Sedangkan pada periode Februari-Maret angin bertiup dari Sumatra bagian utara hingga timur dan arah angin yang bertiup dari arah tersebut. Pola diurnal menunjukkan peningkatan di pagi hari dan penurunan di siang hari. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh adanya lapisan inversi pada pagi hari serta peningkatan ketinggian lapisan boundary layer pada siang hari. Sementara itu peningkatan konsentrasi pada hari Sabtu, Minggu, dan Senin kemungkinan disebabkan oleh aktivitas manusia yang meningkat pada akhir dan awal pekan.

Daftar Pustaka

- [1] Nahas, A. C. (2011). Kondisi Kualitas Udara Bukit Kototabang Periode 2005-2011. *Megasains*, 2(2). 60-73.
- [2] Kementrian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia. (1998). Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan tentang Indeks Standar Pencemar Udara. Jakarta, Indonesia: Author.
- [3] Kanakidou, M., Crutzen, P.J. 1999. The photochemical source of carbon monoxide: Importance, uncertainties and feedbacks. *Chemosphere Glob. Chang. Sci*, 1, 91–109.
- [4] Bakwin, P.S., Tans, P.P., Novelli, P.C. (1994). Carbon monoxide budget in the northern hemisphere. *Geophys. Res. Lett*, 21, 433–436.
- [5] Lu, Y., & Khalil, M.A.K., (1993), Methane and carbon monoxide in OH chemistry: The effects of feedbacks and reservoirs generated by the reactive products, *Chemosphere*, 26(1-4), 641-655.
[doi.org/10.1016/0045-6535\(93\)90450-J](https://doi.org/10.1016/0045-6535(93)90450-J)
- [6] Crutzen, P.J.; Zimmermann, P.H. The changing photochemistry of the troposphere. *Tellus A* 1991, 43, 136–151.

STUDI TRASPORT MATERI SECARA VERTIKAL DENGAN DATA BOUNDARY LAYER RADAR TERHADAP KONSENTRASI PM10 DI STASIUN GAW BUKIT KOTOTABANG

Andi Sulistiyono

*Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang, Sumatera Barat.
Email: sulist_klim@yahoo.com*

ABSTRAK

Hasil keluaran data dari Boundary Layer Radar (BLR) yang ada di stasiun GAW Bukit kototabang adalah informasi tentang angin secara 3 dimensi yaitu arah timur-barat, Utara-selaatn dan arah vertikal. Studi ini akan menggunakan data kecepatan angin vertikal lapisan 1165 m dari Boundary Layer Radar (BLR) dan partikel PM10 hasil pengukuran di Stasiun GAW Bukit Kototabang untuk mengetahui pengaruh adanya transport materi secara vertikal (kecepatan angin vertikal) terhadap konsentrasi PM10 dan mengetahui hubungan dari kedua parameter tersebut. Menggunakan data pada bulan Februari 2009, analisis dilakukan dengan membandingkan head to head grafik data diurnal kecepatan angin vertikal lapisan 1165 m dan PM10 sehingga bisa diketahui secara langsung pengaruh dari kedua parameter, selanjutnya untuk mengetahui hubungan secara terukur dilakukan uji korelasi antara kedua parameter tersebut. Profil diurnal kecepatan angin vertikal updraft pada lapisan 1165 m dapat diprasentasikan dengan keadaan suhu diurnal harian. Selajutnya dihasilkan bahwa besarnya pengaruh eksternal seperti keadaan parameter cuaca permukaan dan variabilitas konsentarsi PM10 dari sumber pengemisi menjadikan perbandingan grafik head-to head sebagian mempunyai hubungan dan sebagian lagi tidak memperlihatkan pengaruh kedua parameter tersebut. Hal ini diperkuat dengan rendahnya nilai korelasi yang menyimpulkan bahwa tidak ada hubungan antara kedua parameter.

Kata Kunci: *Boundary Layer, PM10, Updraft*

1. PENDAHULUAN

Stasiun Pemantau Atmosfer Global (GAW) Bukit Kototabang berkedudukan di Bukit Kototabang Kab Agam merupakan stasiun yang mengukur keadaan udara bersih sehingga hasil pengukuran di Stasiun Pemantau Atmosfer Global (GAW) Bukit Kototabang sebagai standar udara bersih. Selain menyelenggarakan pengukuran parameter kualitas udara seperti aerosol dan komponen gas, tercatat pernah dilakukan pengukuran arah dan kecepatan angin dengan menggunakan radar atmosfer. Radar yang dimaksud di sini adalah Boundary Layer Radar (BLR) yang dipasang untuk menghasilkan informasi arah dan kecepatan secara tiga dimensi berdasar setiap ketinggian yang telah ditetapkan.

Salah satu zat pencemar udara yang konsisten diadakan pengukuran dan pantauan konsentrasinya adalah aerosol PM₁₀. 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 (Soedomo, 2001). Aerosol yang bersifat higroskopis akan menyerap uap air yang berada di sekitarnya (Taqiyya, 2014). Dari hal ini maka aerosol bergabung dengan uap air (unsur kelembaban udara) sehingga akan mempengaruhi massa udara menjadi lebih berat. Aerosol mempunyai ukuran lebih besar dibandingkan ukuran molekul, tetapi masih cukup kecil sehingga dapat melayang di dalam atmosfer (Tjasyono, 2017). Keberadaan aerosol PM₁₀ yang mengisi ruang di atmosfer keberadaannya sangat dipengaruhi oleh kondisi atmosfer sehingga menjadi hal yang penting untuk mengkaji parameter atmosfer terhadap konsentrasi PM₁₀ dalam hal ini hubungan dan pengaruh yang bisa dilihat dari keadaan angin vertikal.

BLR merupakan L-band Doppler radar yang disebut sebagai radar profil angin. Boundary Layer Radar (BLR) memancarkan sinyal radio ke atmosfer dari antenna parabola, dan dengan menerima pantulan gelombang dari atmosfer. BLR merupakan sebuah atmosfer radar yang berfungsi untuk mengukur kecepatan angin dengan menghitung perubahan frekuensi yang ditransmisikan dan menerima gelombang radio yang diperoleh dari antena. BLR dilengkapi dengan 3 buah antenna parabola yang diarahkan ke 3 jurusan: tegak lurus, utara dan timur. BLR mentransmisikan sinyal 1397,5 MHz, dan antenna memancarkan gelombang radio minimal 20.000 Hz, untuk memperoleh distribusi kecepatan angin vertikal, kecepatan angin zonal, dan kecepatan angin meridional. (Fajri, 2011). Pada pengamatan dengan BLR sinyal frekuensi radio yang diperkuat dalam unit transmitter, dipancarkan dari antena parabola. Sinyal lemah yang dipantulkan turbulensi atmosfer, dikumpulkan antena dan ditransfer ke unit penerima. Sinyal yang diterima akan diperkuat, dideteksi dan diubah ke sinyal video dalam unit penerima kemudian sinyal video dikirim ke unit pemroses data (Mulyana, 2002).

Salah satu output dari BLR ini adalah informasi kecepatan angin secara vertikal. Dari parameter kecepatan angin secara vertikal ini telah dilakukan beberapa penelitian dengan pemanfaatan data BLR. Beberapa penelitian yang telah ada mengangkat topik hubungan dan pengaruh kecepatan angin vertikal terhadap parameter cuaca / iklim

seperti parameter hujan dan suhu udara, ataupun yang berkaitan dengan transportasi materi dalam hal ini konsentrasi gas CO₂ yang ada di atmosfer.

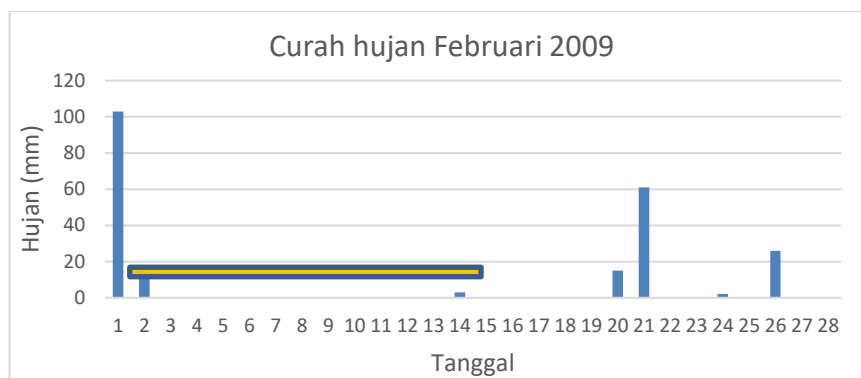
Masih dengan kegiatan mengkaji parameter kecepatan angin secara vertikal dengan pemanfaatan data BLR. Pada kesempatan ini akan mencoba untuk mengetahui pengaruh keberadaan transportasi materi aerosol dalam hal ini keadaan parameter kecepatan angin vertikal yang diambil dari BLR Stasiun GAW Bukit Kototabang terhadap konsentrasi PM₁₀ yang terukur. Diharapkan dengan penelitian ini akan dapat menambah khasanah dan mengetahui tentang profil keadaan angin vertikal di wilayah stasiun GAW Bukit Kototabang terhadap konsentrasi polutan (PM₁₀) yang ada saat itu.

2. METODOLOGI PENELITIAN

a. Data yang Digunakan

Data utama yang digunakan pada studi ini adalah data kecepatan angin vertikal dari BLR (Boundary Layer Radar) dan data PM₁₀ hasil pengukuran dengan BAM1020 yang ada di Stasiun GAW Bukit Kototabang. Data BLR (Boundary Layer Radar) stasiun GAW Bukit Kototabang didapatkan melalui website: www.rish.kyoto-u.ac.jp/radar-group/blr/kototabang. Pengukuran konsentrasi PM₁₀ di stasiun GAW Bukit Kototabang dilakukan dengan alat BAM1020 yang mana output dari alat ini adalah konsentrasi PM₁₀ setiap 1 jam. Data BLR yang akan digunakan adalah data kecepatan angin vertikal yang mana lapisan yang dipilih adalah lapisan 1165 m DPL atau sekitar 300 m dari permukaan tanah stasiun GAW Bukit Kototabang. Alasan pemilihan lapisan ini bahwa lapisan ini adalah karena ini merupakan lapisan paling dasar yang terekam di BLR sehingga diharapkan pengaruh dari keadaan kecepatan angin vertikal lebih jelas dari pada lapisan di atasnya.

Selain daripada dua jenis data tersebut, digunakan data suhu udara rata-rata diurnal yang berasal dari MAWS dan data curah hujan harian. Data curah hujan merupakan data dukung untuk pemilihan waktu dari data BLR yang akan digunakan. Data BLR yang akan digunakan analisis adalah data pada saat itu tidak terjadi hujan atau curah hujan = 0. Hal ini dilakukan untuk meminimalisir pengaruh kecepatan angin vertikal yang turun karena adanya butiran hujan. Selain itu pada kondisi cerah akan didapat gambaran yang jelas tentang keadaan angin vertikal terlepas dari adanya pengaruh eksternal yang sekiranya akan mempengaruhi keadaan angin vertikal saat itu. Pada saat udara cerah, gerakan angin ke atas/ke bawah dapat terukur dengan baik, tapi pada saat terjadi hujan yang terukur oleh BLR adalah kecepatan jatuh dari butir hujan, maka kecepatan udara pada saat hujan adalah ke bawah dan mempunyai kecepatan yang besar.



Gambar 1. Pemilihan data BLR

Terkait kelengkapan data BLR yang terekam, tidak semua data bisa dilakukan penghitungan untuk analisis. Setelah dilakukan pemilihan waktu terkait data hujan, keberadaan data PM10 dan kelengkapan rekaman data BLR maka pada kesempatan ini akan digunakan data periode tanggal 5 s/d 18 Februari 2009.

b. Pengolahan dan Analisis Data

Setelah didapatkan data kecepatan angin vertikal data BLR sesuai dengan persyaratan curah hujan dan mempertimbangkan keberadaan data PM10, selanjutnya diadakan pengolahan awal data BLR kecepatan angin vertikal lapisan 1165 m. Output periode data BLR adalah 10 menitan dan rekaman data tersedia setiap hari (23 jam). Pengolahan awal yang dilakukan di sini adalah penyortiran (membuang) data yang tidak ada rekaman datanya yang diinisilakan sebagai kode 999 pada data BLR.

Data setiap 10 menitan kecepatan angin vertikal dihitung menjadi rata-rata kecepatan angin tiap jam. Dari grafik harian kecepatan angin vertikal akan dianalisis secara diurnal kecenderungan kondisi angin vertikal dalam hal ini arah angin ke bawah (down) atau ke atas (up). Di sini akan menginformasikan tentang waktu secara harian kecenderungan arah angin vertikal yang terjadi. Pada kecepatan angin vertikal, tanda positif (+) (diatas garis Nol) menunjukkan gerakan updraft, sedangkan tanda negatif (-)(dibawah garis Nol) menunjukkan gerakan downdraft.

Data suhu udara MAWS periode tanggal 5 s/d 18 Februari 2009 mempunyai output 10 menitan. Dari format 10 menitan dilakukan penghitungan nilai rata-rata suhu tiap jam pada setiap periode waktu data. Selanjutnya data diurnal suhu rata-rata dibuat grafik untuk dianalisis tentang waktu dan nilai suhu diurnal tersebut. Grafik ini selanjutnya akan di perbandingkan dengan grafik dari diurnal kecepatan angin vertikal BLR.

Untuk memudahkan analisis melihat pengaruh kecepatan angin vertikal terhadap konsentrasi PM10, data rata-rata kecepatan angin vertikal tiap jam dan data hasil ukur PM10 di buat grafik histogram. Berhubung tingginya variabilitas data PM10 harian, maka grafik kecepatan angin vertikal akan dibuat secara harian (head to head) terhadap konsentrasi PM10 yang terukur sehingga diharapkan

masing-masing sample data kecepatan angin vertikal akan langsung memperlihatkan pengaruh.

Untuk mendapatkan gambaran terukur tentang hubungan kecepatan angin vertical terhadap konsentrasi PM10 ini akan dihitung korelasi terhadap kedua parameter tersebut selama periode tanggal 5 s/d 18 Februari 2009. Penghitungan Indeks korelasi secara umum dengan rumus berikut :

$$r_{Y\hat{Y}} = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})(\hat{Y}_i - \bar{\hat{Y}})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (\hat{Y}_i - \bar{\hat{Y}})^2}}$$

dengan:

$r_{Y\hat{Y}}$ = koefisien korelasi antara observasi (data real) dengan hasil konversi

Y_i = kec angin vertikal pada periode ke- i dengan $i=1,2,...,n$

\bar{Y} = nilai rata-rata kec angin vertikal

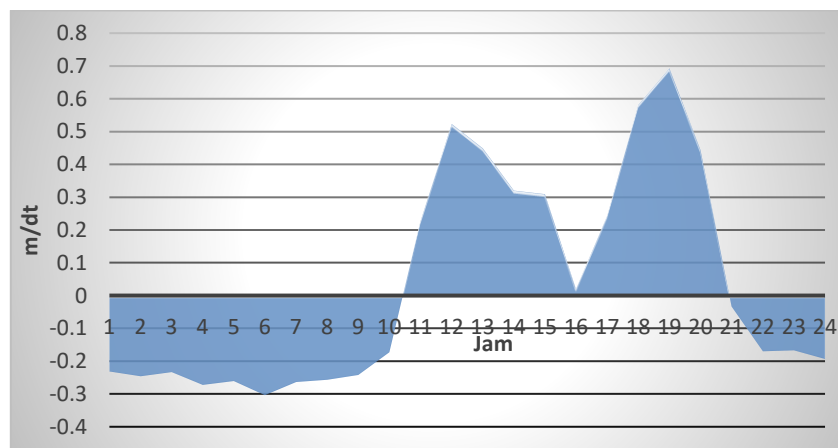
\hat{Y}_i = PM10 pada pada periode ke- i dengan $i=1,2,...,n$

$\bar{\hat{Y}}$ = nilai rata-rata PM10

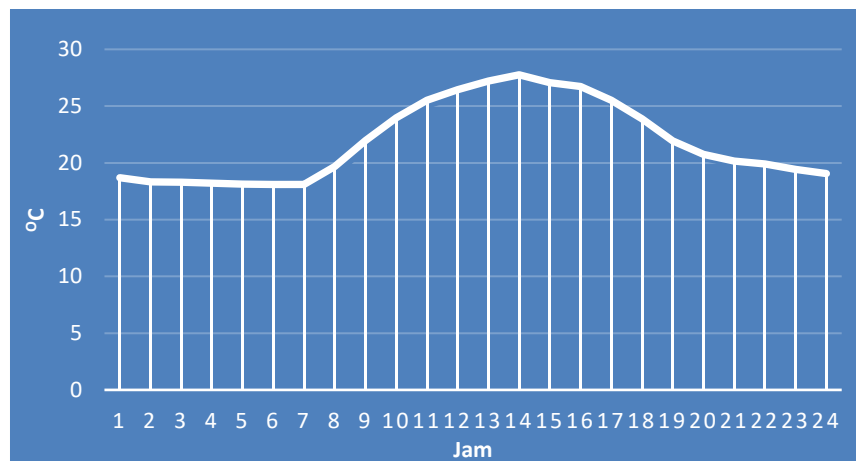
n = panjang periode

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Periode diurnal angin vertikal dan suhu udara permukaan



Gambar 2. Diurnal kecepatan angin vertikal



Gambar 3. Diurnal suhu udara permukaan

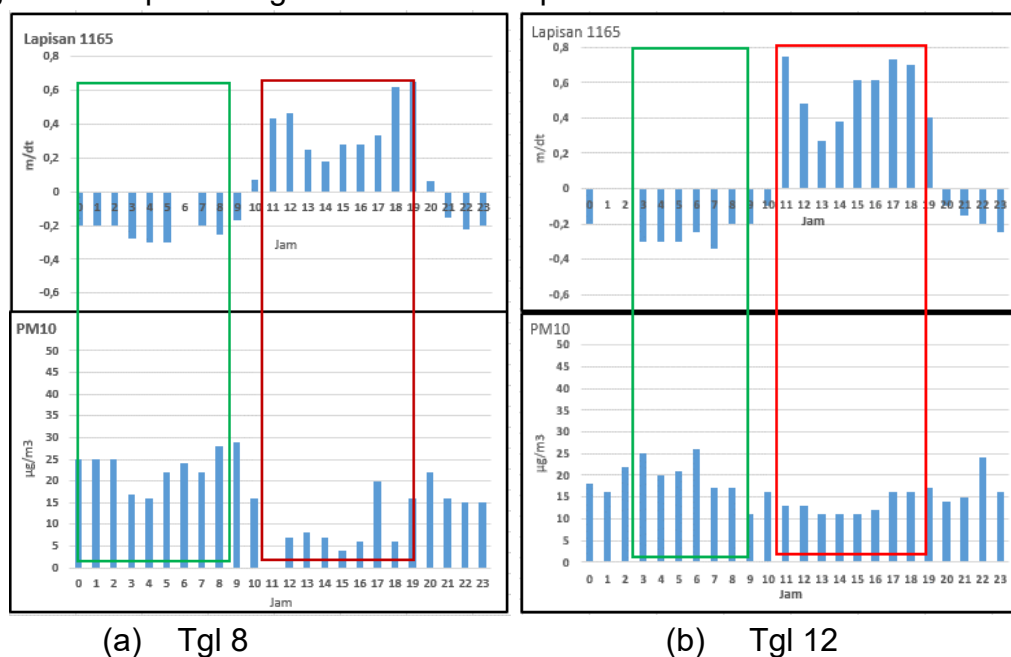
Gambar 2 di atas adalah profil diurnal angin vertikal pada ketinggian 1165 m periode pengukuran tanggal 5 s/d 18 Februari 2009 stasiun GAW Bukit Kototabang. Pada kecepatan angin vertikal, tanda positif (+) (diatas garis Nol) menunjukkan gerakan updraft, sedangkan tanda negatif (-)(dibawah garis Nol) menunjukkan gerakan downdraft. Dari kecepatan angin vertikal rata-rata tersebut menginformasikan bahwa arus udara pada dari ketinggian 1165 m bergerak ke bawah (downdraft) terjadi pada malam sekitar jam 21.00 sampai dengan jam 10.00 pagi hari berikutnya. Berikutnya mulai jam 11.00 sampai dengan jam 21.00 terjadi arus angin naik (updraft) tetapi sekitar jam 16.00 terjadi pelemahan kecepatan angin naik. Arus angin naik maupun turun ini akan membantu menggambarkan keadaan suatu materi yang dibawa pada transport massa udara tersebut.

Potensi arus udara ke atas (updraft) dapat dibantu penjelasan dengan profil diurnal suhu udara. Udara panas akan selalu bergerak naik karena berat jenisnya kecil. Demikian juga materi dan zat yang terkandung didalamnya akan mempunyai potensi pergerakan secara vertikal. Seperti ada gambar 3 di atas, potensi mulai adanya arus udara naik terjadi sekitar jam 08.00 dengan puncak panas terjadi sekitar jam 14.00 wib dan 16.00. Pada saat itu merupakan potensi tertinggi dari adanya arus udara naik. Selanjutnya setelah mencapai keadaan suhu puncak, suhu udara mulai menurun pada malam hingga pagi hari berikutnya dan ini merupakan saat udara bergerak turun karena berat jenis mulai bertambah sehingga potensi udara bergerak turun.

Pola diurnal kecepatan angin vertikal sejalan dengan pola diurnal suhu harian pada gambar 3 yang mana kenaikan suhu udara sejalan dengan adanya udara ke atas. Profil kenaikan suhu udara pada gambar 3 dijelaskan pada gambar 2 yang mana adanya arus udara naik yang teramati terjadi pada jam 10.00 wib di lapisan 1165 m sedangkan arus udara turun (downdraft) mulai terjadi pada jam 22.00 s/d jam 10.00 hari berikutnya. Dari sini menjelaskan bahwa pada sore s/d sekitar jam 20.00 wib di lapisan 1165 m masih terpantau adanya arus udara naik saat itu.

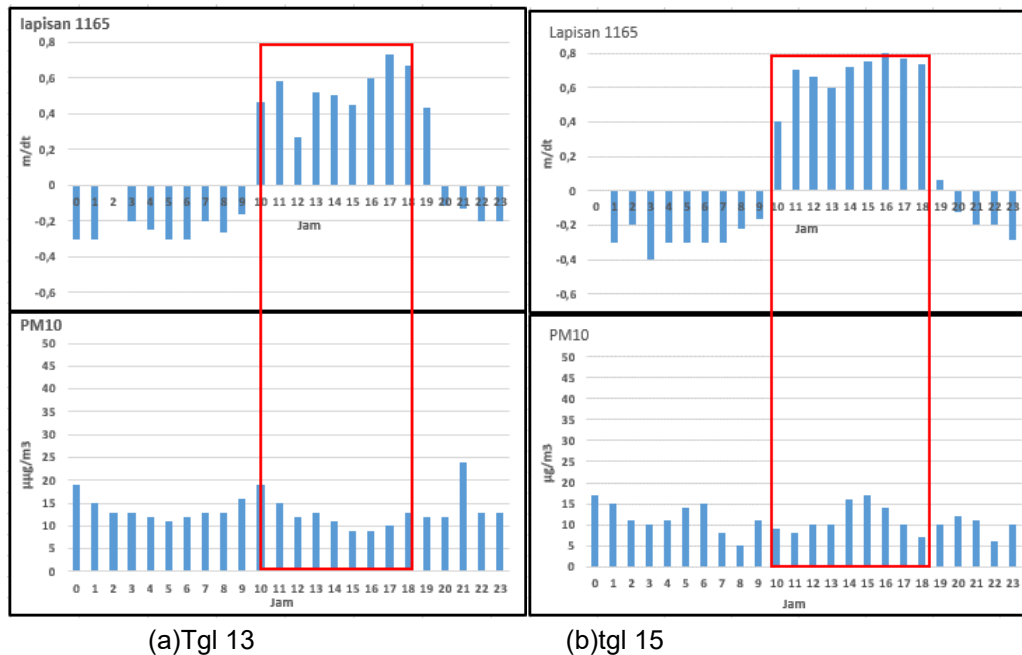
b. Angin vertikal terhadap PM10

Kecepatan angin merupakan perpindahan suatu massa udara yang mana perpindahan ini juga akan terjadi pada materi yang ada pada suatu massa udara tersebut. Udara yang didalamnya merupakan kumpulan materi dan gas sehingga adanya arus udara vertikal baik naik ke atas maupun turun ke bawah akan disertai perpindahan (traspor) zat yang ada di dalamnya. Untuk mendapatkan gambaran tentang pengaruh kecepatan angin vertikal terhadap konsentrasi PM 10 telah dipilih beberapa data yang sekiranya akan memperjelas pengaruh kecepatan angin vertikal terhadap PM10.



Gambar 4. Kondisi kecepatan angin vertikal dan konsentrasi PM10 (a) tgl 8 dan (b) tgl 12.

Pada gambar 4 yakni grafik kecepatan angin vertikal dan konsentrasi PM10 tanggal 8 dan 12 diketahui bahwa adanya udara turun / downdraft (kotak hijau) dan udara naik / updraft (kotak merah) menggambarkan hubungan terbalik terhadap besaran konsentrasi PM10 yang ada di grafik bawahnya. Arus angin turun (nilai -) menjadikan konsentarsi PM10 meningkat saat itu, hal ini bisa disebabkan karena adanya penambahan konsentarsi PM10. PM10 yang ada dari atas turun dan bergabung bersama dengan massa udara lembab sehingga menaikkan konsentrasi terukur dilapisan permukaan saat itu. Demikian juga dengan arus angin naik (nilai +), adanya arus udara naik yang teramati pada lapisan 1165 m berkoneksi dengan menurunnya konsentarsi PM10. Adanya arus udara naik terjadi juga perpindahan massa udara dalam hal ini PM10 di permukaan sehingga penurunan konsentarsi PM10 terukur saat itu.



Gambar 5. Kondisi kecepatan angin vertikal dan konsentrasi PM10 (a) tgl 13 dan (b) tgl 15.

Kondisi yang berbeda ditampilkan pada gambar 5 yaitu profil kecepatan angin vertikal dan PM10 tanggal 13 dan 15. Secara umum untuk profil kecepatan angin vertikal pada tanggal tersebut sejalan dengan keadaan diurnal pada umumnya (lihat di sub bab periode diurnal angin vertikal dan suhu udara permukaan) tetapi untuk konsentrasi PM10 yang terukur kurang memperlihatkan hubungan terhadap kecepatan angin vertikal ini. Adanya arus udara naik ataupun turun kurang memperlihatkan adanya perbedaan konsentrasi PM10 dari kedua arus angin ini.

Adanya perbedaan hasil analisis gambar 4 dan 5 bisa terjadi karena adanya faktor keadaan parameter atmosfer dan juga bisa disebabkan karena faktor eksternal saat itu. Perbedaan hasil analisis antara gambar 4 dan 5 diperkuat oleh hasil perhitungan korelasi antara kecepatan angin vertikal lapisan 1165 m terhadap konsentrasi PM10 didapatkan nilai sebesar -0,0479. Kecilnya nilai korelasi ini mengindikasikan bahwa kecepatan angin vertikal lapisan 1165 m sebagai trasport materi dan zat dalam arah vertikal tidak mempunyai hubungan terhadap konsentrasi PM10. Hal ini disebabkan karena tingginya variabilitas konsentrasi PM10 tiap jam dan besarnya pengaruh eksternal seperti kondisi parameter cuaca yaitu kondisi angin horisontal.

Variabilitas nilai emisi PM10 yaitu sumber pengemisi PM10 tidak selalu sama konsentrasi dalam menghasilkan emisi PM10. Perbedaan besarnya tinggi lapisan kecepatan angina vertikal (1165 m) terhadap pengukuran PM10 disinyalir menjadikan pengaruh kecepatan angina vertikal tidak begitu kelihatan.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

a. Kesimpulan

1. Profil kecepatan angin vertikal pada lapisan 1165 m dapat digambarkan melalui keadaan atmosfer dibawahnya yaitu suhu udara permukaan yang mana kenaikan suhu udara dipresentasikan dengan adanya kecepatan angin vertikal naik (nilai +)
2. Adanya perbedaan ketinggian antara pengukuran PM10 dengan lapisan kecepatan angin BLR merupakan salah satu sebab transport massa udara belum mampu memberikan gambaran yang jelas tentang konsentrasi diurnal PM10 yang dihasilkan.
3. Pengaruh variabilitas jumlah dari sumber emisi PM10 menjadikan pola sebaran konsentrasi harian PM10 belum mampu memberikan gambaran yang jelas.
4. Berdasar nilai korelasi didapatkan bahwa tidak ada hubungan antara kecepatan angin vertikal lapisan 1165 m dan konsentrasi PM10, hal ini bisa disebabkan karena tingginya variabilitas dan pengaruh eksternal kecepatan angin vertikal terhadap konsentrasi PM10.

b. Saran

1. Perlunya diadakan analisis terkait pengaruh parameter cuaca lainnya sebagai faktor eksternal seperti keadaan angin horizontal saat itu.
2. Perlunya penambahan jumlah data BLR yang digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

Fadri, Rizki Nurul. 2015. Analisis Hubungan Hujan Dengan Angin Udara Atas Hasil Pengukuran Blr Di Bukit Koto Tabang. (<https://www.academia.edu/34554623> diakses tanggal 21 Oktober 2021)

Huang, Cheng-Hsiung dan Tai, Chih-Yuen. 2008. Relative Humidity Effect On PM2.5 Readings Recorded By Collocated Beta Attenuation Monitors. *Environmental Engineering Science*, 25 (7). DOI: 10.1089/ees.2007.0142

Kurniawan, Edison dan Nugroho, Sugeng. 2009. Studi Pendahuluan Korelasi Eddy Pada Konsentrasi Co2 Terhadap Kecepatan Angin Vertikal. *Megasains*, 1 : 38-46

Renggono, Findy. 2002. Analisis Hujan Dengan Boundary Layer Radar. *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca*, 3 (1) :23-28

ANALISIS PEMETAAN STAKEHOLDER EKSTERNAL PADA STASIUN PEMANTAU ATMOSFER GLOBAL BUKIT KOTOTABANG

Diko Revano Umbara, SE

Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang, Sumatera Barat

ABSTRAK

Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang SPAG (*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 di area terpencil ini terletak di daerah ekuatorial pada ketinggian 864,5 m di atas permukaan laut dan 40 km dari garis pantai bagian Barat. Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG), Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang SPAG merupakan salah satu stasiun *key player* di daerah ekuatorial yang penting dalam program pengamatan atmosfer secara global karena secara umum pengukuran kondisi atmosfer dan kualitas udara di daerah ini sangat terbatas. Diperlukan keterlibatan berbagai pihak dalam terwujudnya bmkg yang tanggap dan mampu memberikan pelayanan meteorologi, klimatologi, kualitas udara dan geofisika yang handal guna mendukung keselamatan dan keberhasilan pembangunan nasional serta berperan aktif di tingkat internasional. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi, memetakan dan merumuskan peran stakeholder dalam Mengkoordinasikan dan memfasilitasi kegiatan di bidang Meteorologi, Klimatologi, Kualitas udara dan Geofisika. Komunikasi dan koordinasi dengan stakeholders tersebut harus dapat dilakukan dengan baik sehingga tujuan memberikan pelayanan meteorologi, klimatologi, kualitas udara dan geofisika dapat terwujud

Kata kunci: SPAG Bukit Kototabang, analisis stakeholders, pemetaan

1. PENDAHULUAN

Stakeholder Analysis (Analisa Pemangku Kepentingan) didefinisikan sebagai “proses mengidentifikasi baik perorangan maupun kelompok yang akan mempengaruhi atau dipengaruhi oleh suatu tindakan yang akan dilakukan serta mengelompokkannya sesuai dengan dampak dari tindakan yang akan dilakukan”. Informasi yang didapat akan digunakan untuk mengadakan evaluasi sebelum tindakan dilakukan agar dapat dilakukan usaha-usaha preventif dengan mempertimbangkan semua pihak yang terlibat. *Stakeholder Analysis* adalah bagian dari *Stakeholder Management*.

Stakeholder atau pemangku kepentingan eksternal pada Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang adalah setiap individu atau organisasi yang dapat memberikan dampak positif atau pun negatif atau mereka yang terkena dampak dari apa yang dilakukan oleh Stasiun Pemantau *Atmosfer Global* Bukit Kototabang yang berada diluar instansi Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika

Ada tiga penggolongan stakeholder yaitu:

1. *Primary Stakeholder* (Pemangku Kepentingan Utama): Mereka yang terkena dampak / pengaruh terbesar baik positif atau negatif dari tindakan yang dilakukan oleh organisasi.
2. *Secondary Stakeholder* (Pemangku Kepentingan Sekunder): Adalah mereka yang terkena dampak / terpengaruh secara tidak langsung dari tindakan yang dilakukan oleh organisasi
3. *Key Stakeholder* (Pemangku Kepentingan Kunci – yang bisa juga merupakan *Primary dan Secondary stakeholders*): Adalah mereka yang mempunyai pengaruh signifikan di dalam organisasi.

2. METODE TULISAN

Stakeholder analysis dalam Stasiun Pemantau *Atmosfer Global* Bukit Kototabang memiliki tujuan untuk menggalang kerjasama antara stakeholder dan tim yang terlibat dalam keputusan informasi Kualitas Udara yang pada akhirnya memastikan kesuksesan tanggap darurat terhadap bencana yang akan dihadapi. *Stakeholder analysis* dilakukan ketika ada kebutuhan untuk mengklarifikasi konsekuensi dari informasi dari data yang disampaikan untuk mencapai tujuan bersama dengan pelayanan prima “*excellent service*” Ini penting karena menyangkut kualitas akhir dari analisis yang dikerjakan untuk kepentingan pemangku kepentingan/ *Stake holder*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahapan Stakeholder Analysis

1. *Mengidentifikasi semua stakeholder baik internal mau pun eksternal (brainstorming).* Pada sesi ini dilakukan brainstorming untuk menentukan siapa saja yang termasuk stakeholder yang ada baik stakeholder internal maupun eksternal. Jika terjadi perbedaan, maka tugas kelompok untuk menentukan apakah hal itu masuk ke dalam stakeholder atau tidak. Intinya, yang menentukan adalah kelompok sendiri. Stakeholder Internal merupakan instansi yang berada didalam Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, sedangkan Stakeholder eksternal adalah yang berada di luar Badan Meteorologi klimatologi dan Geofisika
2. *Mengidentifikasi kebutuhan stakeholder dan kepentingannya (interest).* Setelah itu, kemudian dilihat seberapa besar kepentingan stakeholder terhadap organisasi. Apakah low atau high. Demikian juga terhadap power yang dimilikinya. Kelompok harus menentukan apakah termasuk low atau high. Kategori berpengaruh bisa dikelompokkan di dalam dan luar negeri, di dalam negeri seperti DLH Propinsi Kota/Kab di Sumatera Barat, KLHK, BNPB /BPBD, BRIN, BPS dan Media Cetak dan media elektronik seperti RRI. Di luar negeri seperti NOA, EMPA.
3. *Mengklasifikasikan kepentingan stakeholdernya (menggunakan Stakeholder Mapping).* Setelah itu, dilakukan pemetaan dalam stakeholder mapping. Ada empat daerah sehubungan dengan hasil yang dilakukan di tahap sebelumnya, yaitu: Monitor (M), Keep informed (KI), Keep Satisfied (KS) dan Manage Closely (MC). dari hal ini kita dapat melihat siapa-siapa saja yang harus kita monitor dengan ketat (MC) dan siapa-siapa saja yang cukup kita monitor saja. Stasiun Pemantau *Atmosfer Global* Bukit Kototabang dalam hal ini melakukan pendekatan dengan Stakeholder dengan Perjanjian Kerja Sama (PKS) dengan Stakeholder terkait yang sangat berpengaruh terhadap layanan data dan informasi kualitas udara di Sumatera Barat.
4. *Mengidentifikasi area konflik antara: Stakeholder v Stakeholder, Organisasi v Stakeholder.* Kemudian baru dilakukan analisa, siapa saja yang mempunyai area konflik dengan kita. Stasiun Pemantau *Atmosfer Global* Bukit Kototabang mengidentifikasi permasalahan yang ada dalam stakeholder untuk mencapai tujuan yang baik, dan meminimalisir kesalahan yang ada diantara stakeholder.
5. *Memprioritaskan, mensinkronkan, menyeimbangkan stakeholder.* Jika sudah ditentukan tindakannya, maka barulah kita bisa memprioritaskan, mensinkronkan dan menyeimbangkan kebutuhan stakeholder dengan kita. Dengan cara analisis pemetaan tingkat kepentingan stakeholder dengan

tingkat pengaruh stakeholder pada Stasiun pemantau atmosfer Global Bukit Kototabang dalam Pengelolaan Data dan Informasi Kualitas Udara

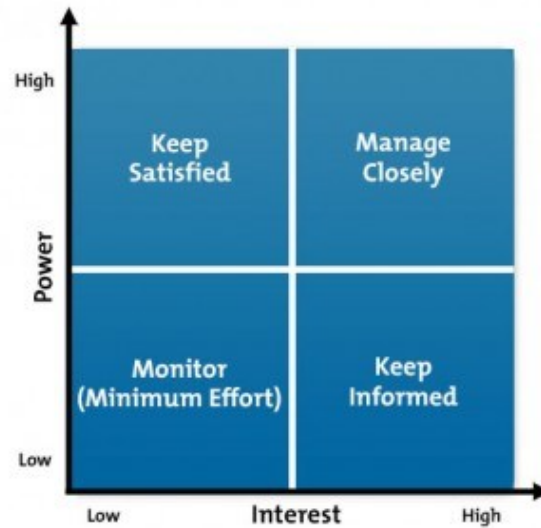
6. *Menyelaraskan kebutuhan stakeholder dengan strategi organisasi.* Sehingga dengan demikian, kita dapat menyelaraskan kebutuhan stakeholder dengan strategi organisasi. Dalam hal ini Stasiun Pemantau *Atmosfer Global* bukit kototabang telah menyelaraskan kebutuhan stakeholder dengan cara memberikan informasi baik dalam bentuk web Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang www.gawbkt.id , aplikasi android GAWku, atau dalam bentuk informasi dari grup WhatsApp Stakeholder yang setiap hari di update oleh tim fungsional Stasiun Pemantau *Atmosfer Global* Bukit Kototabang.

Stakeholder Matrik

Ada empat area dalam stakeholder matriks yang perlu diperhatikan. Pemahaman akan keempatnya sangat penting karena akan menentukan perlakuan atau metode/cara apa yang akan dilakukan untuk berkomunikasi dengan para stakeholder ini. Area ini adalah:

1. *Low Power-Low Interest: Monitor*
Kelompok ini tidak (dan tidak diharapkan) untuk secara aktif terlibat dalam proyek. Kelompok ini bahkan tidak tahu dan tidak mau tahu lebih dalam mengenai proyek. Namun, kita tetap harus tahu siapa mereka. Tetap Awasi /Monitor mereka dan kemungkinan mereka untuk berpindah ke kategori pelanggan/pemangku kepentingan lainnya.
2. *High Power-Low Interest: Keep Satisfied*
Kelompok ini adalah kelompok pihak-pihak yang memiliki wewenang dalam mengambil keputusan. Mereka tidak memiliki kepentingan dan kesediaan untuk terlibat secara aktif. Biasanya sulit untuk menjangkau dan berkomunikasi dengan kelompok ini secara konsisten. Dalam mengelola kelompok ini dibutuhkan strategi keterlibatan proaktif untuk membuat mereka puas/*keep them satisfied*.
3. *High Interest-Low Power: Keep Informed*
Kelompok ini terpengaruh oleh proyek namun tidak memberi dampak besar pada proyek. Kelompok ini meminta waktu yang lebih banyak daripada yang bisa kita berikan kepada yang lain. Karena itu penting untuk menemukan cara yang efisien untuk membuat mereka terinformasikan / *keep them informed*. Beberapa cara yang bisa digunakan adalah: infografis, prediksi ECMWF, Informasi Konsentrasi Gas Rumah Kaca, Informasi Kualitas Udara.
4. *High Interest-High Power: Manage Closely*
Biasanya kelompok ini adalah Pemilik bisnis dan pemangku jabatan lain yang berwenang mengambil keputusan. Mereka Biasanya mudah diidentifikasi. Kelompok ini sangat penting karena dapat mengganggu/ mempertahankan/

mengembangkan proyek. Kelompok ini biasanya mudah dilibatkan/actively engage dengan cara memberlakukan komunikasi yang transparan dan konsisten.



Gambar : Stakeholder Matrik

Tabel. Pemetaan Stakeholder eksternal berdasarkan Pengaruh (Power) dan Kepentingan (interest) dalam Pengelolaan Data dan Informasi Kualitas Udara di Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang

Stake Holder		Tingkat Kepentingan Stake Holder			
		Tidak diketahui	Kurang Penting	Cukup Penting	Sangat Penting
Tingkat Pengaruh Stake Holder	Sangat Berpengaruh	-	-	-	<ul style="list-style-type: none"> - Dinas Lingkungan Hidup Propinsi, Kota/kab di Sumbar - BNPB, BPBD Propinsi Kota /Kab Sumbar - BRIN (Lapan, BPPT, LIPI, BATAN) - KLHK - NOAA - EMPA - Media elektronik dan cetak
	Agak berpengaruh	-	-	<ul style="list-style-type: none"> - Perguruan Tinggi dalam dan Luar Negeri - SMP, SMA 	-
	Kurang Berpengaruh	-	<ul style="list-style-type: none"> - Dinas Pertanian - Konsultan - Dinas Pekerjaan Umum 	<ul style="list-style-type: none"> - Basarnas - Dinas Pemadam Kebakaran 	-
	Tidak diketahui	-	-	-	-

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan terhadap pemetaan Stakeholder pada Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang dapat disimpulkan peranan stakeholder dalam tingkat kepentingan stakeholder dengan tingkat pengaruh stakeholder. Tingkat kepentingan Stakeholder dapat dibagi dalam beberapa kategori, yaitu tidak diketahui, kurang penting, cukup penting dan sangat penting. Sedangkan tingkat Pengaruh Stakeholder dapat dibagi dalam kategori, yaitu: tidak diketahui, kurang berpengaruh, Agak berpengaruh, Sangat berpengaruh.

Pemetaan Stakeholder berdasarkan tingkat kepentingan sangat penting dengan tingkat pengaruh sangat berpengaruh ada beberapa instansi, anatar lain: Dinas Lingkungan Hidup Propinsi Kota/ Kabupaten di Sumatera Barat, BNPB / BPBD Propinsi Kota /Kabupaten di Sumatera Barat, BRIN (Lapan, BPPT, LIPI, BATAN), Kementrian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, NOA, EMPA, Media elektronik dan media cetak. Sedangkan Pemetaan Stakeholder berdasarkan tingkat kepentingan cukup penting dengan tingkat pengaruh Agak berpengaruh antara lain: Perguruan Tinggi dalam dan Luar Negeri, SMP, SMA. Pemetaan Stakeholder berdasarkan tingkat kepentingan cukup penting dengan tingkat pengaruh cukup berpengaruh seperti Basarnas dan Dinas Pemadam Kebakaran, Dan yang terakhir pemetaan stakeholder berdasarkan tingkat kepentingan kurang penting dengan tingkat pengaruh kurang berpengaruh adalah Dinas Pertanian, Konsultan dan Dinas Pekerjaan Umum

Dengan Analisis Pemetaan Stakeholder ini dapat menyimpulkan peran stakeholder dengan komunikasi dan koordinasi yang dilakukan dengan baik sehingga tercipta kesamaan persepsi dan pembagian peran diantara stakeholder yang ada dalam mewujudkan pelayanan yang baik.

DAFTAR PUSTAKA

Bracke, M.B.M., De Greef, K.H. and Hopster, H. (2005). Qualitative Stakeholder Analysis For The Development Of Sustainable Monitoring Systems For Farm Animal Welfare.

Journal Of Agricultural and Environment Ethic, 18,27-56 Mayers, J (2005) Analisis kekuatan Stakeholder dalam Manajemen Kolaborasi: Memahami Pluralisme Membangun Konsensus, Editor: Suporaharjo. Bogor: Pustaka Latin.

Mushove, P. and Vogel, C. (2005). Head or Tail? Stakeholder Analysis as a Tool for Conservation Area Management. *Global Environment Change*, 15,184-198

Freeman, R. E. (1984). Strategic Management . A Stakeholder Approach. University of Minnesota. Massachusetts. Pit,am Publishing Inc, Friedman, A.L and miles, S. (2006).

Stakeholder. Theory and Practice. Oxford UK: Oxford University Press.Nielsen, J.R. dan Mathiesen, C. (2006). Stakeholder preference for Danish Fisheries Management of Sand Eel and Norway Pout, *Fisheries Research*, 77, 92-101

Bernard T.F Pangaribuan (2015) analisis parapihak pengelolaan KHDTK Pondok Buluh, Kecamatan Dolok Panribuan, Kabupaten Simalungun Sumatera Utara, 1- 8.