

# Uji Spesifikasi Pengukuran PM10 Dengan EPAM5000 dan BAM 1020 Terhadap Kelembaban Udara

Andi Sulistiyono\* dan Rendi Septa Davi

Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang, Sumatera Barat

## ABSTRAK

PM10 merupakan salah satu aerosol yang merupakan bagian dari partikel pencemar. Keberadaannya menempati volume ruang di atmosfer dengan konsentrasi yang selalu tergabung dengan materi lainnya dan dipengaruhi oleh kondisi atmosfer setempat. Pengukuran PM10 pada periode waktu siang dan malam dengan menggunakan EPAM5000 dan BAM1020 telah dilakukan untuk mengetahui spesifikasi alat terhadap hasil pengukuran pada responnya terhadap unsur cuaca (kelembaban). Data hasil pengukuran dan analisis korelasi menunjukkan bahwa terdapat perbedaan pada hasil ukur konsentrasi PM10 pada periode malam pada EPAM5000 dan BAM1020 yang disebabkan oleh perbedaan pendukung instrument pada aliran udara masuk. Adanya smart heater pada BAM1020 berfungsi untuk mengontrol kadar uap air dari aliran udara yang dihisap sedangkan pada EPAM5000 udara yang dihisap langsung diukur konsentrasinya sehingga hasil ukur konsentrasi PM10 pada EPAM5000 lebih tinggi karena masih mengandung banyak uap air (aerosol hidroskopis). Adanya menu Manual Zero atau Auto Zero pada EPAM5000 untuk membersihkan optic sensor dan mereset menjadi 0 mg/m<sup>3</sup>. Pada periode malam, partikulat PM10 akan bergabung dengan uap air menyebabkan konsentrasi yang terukur pada EPAM5000 tinggi. Hal ini diperkuat oleh hasil korelasi menunjukkan bahwa nilai PM10 berkorelasi kuat terhadap kelembaban data pengukuran EPAM5000. Untuk ini perlu adanya metode untuk memisahkan PM10 dan materi lainnya (uap air) agar didapatkan nilai konsentrasi yang sebenarnya untuk menentukan kebijakan terkait kondisi udara yang terjadi.

**Kata kunci:** PM10, EPAM5000, BAM1020, Smart Heather, Aerosol Hidroskopis, Partikulat, Manual Zero

## ABSTRACT

PM10 is one of the aerosols which is part of polluting particles. Its existence occupies a volume of space in the atmosphere with a concentration that is always combined with other materials and is influenced by local atmospheric conditions. Measurement of PM10 in the time period of day and night using EPAM5000 and BAM1020 has been carried out to determine the specifications of the instrument on the measurement results in response to weather elements (humidity). Measurement data and correlation analysis indicate that there are differences in the results of measuring PM10 concentrations in the night period on EPAM5000 and BAM1020 due to differences in instrument support in the intake air flow. The presence of a smart heater on the BAM1020 functions to control the water vapor content of the sucked air stream, while on the EPAM5000 the air that is sucked is directly measured so that the concentration of PM10 on EPAM5000 is higher because it still contains a lot of water vapor (hygroscopic aerosol). There is a Manual Zero or Auto Zero menu on the EPAM5000 to clean the optical sensor and reset it to 0 mg/m<sup>3</sup>. During the night period, PM10 particulates will combine with water vapor causing concentrations measured at high EPAM5000. This is confirmed by the correlation results showing that the PM10 value has a strong correlation to the humidity of the EPAM5000 measurement data. For this, it is necessary to have a method for separating PM10 and other materials (water vapor) in order to obtain the actual concentration value to determine policies related to air conditions that occur.

**Kata kunci:** PM10, EPAM5000, BAM1020, Smart Heather, Hygroscopic Aerosols, Particulates, Manual Zero

**Sitasi:** Sulistiyono, A dan Davi, R.S. (2022). Uji Spesifikasi Pengukuran PM10 Dengan EPAM5000 dan BAM 1020 Terhadap Kelembaban Udara. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 20(2),242-251, doi: 10.14710/jil.20.2.242-251

## 1. Pendahuluan

Pengertian umum kualitas udara seperti yang di tuliskan pada jurnal lingkungan (2010) identik dengan banyak atau kecilnya pencemaran udara yang terjadi saat itu. Menurut Mukono (2008) Pencemaran udara adalah bertambahnya bahan atau substrat fisik atau kimia kedalam lingkungan udara normal yang mencapai sejumlah tertentu, sehingga dapat dideteksi

oleh manusia (atau yang dapat dihitung dan diukur) serta dapat memberikan efek pada manusia, binatang, vegetasi, dan material. Istilah pencemaran udara sebenarnya menunjuk pada masuknya zat pencemar (polutan) yang berbentuk gas dan partikel kecil /aerosol ke udara. Aerosol sendiri yang merujuk dari Wikipedia (2013) yang secara teknis adalah partikel padat yang ada di udara (juga disebut abu atau partikulat) maupun tetesan cair. Istilah aerosol berasal

\* Penulis korespondensi: sulist\_klim@yahoo.com

dari kenyataan bahwa bahan yang "melayang" di udara adalah suspensi (campuran di mana partikel padat, cair, maupun gabungan keduanya disuspensikan di cairan). Aerosol mempunyai ukuran lebih besar dibandingkan ukuran molekul, tetapi masih cukup kecil sehingga dapat melayang di dalam atmosfer.. (Tjasyono, 2017).

Keberadaan dan jumlah aerosol dipengaruhi oleh keadaan yang ada di atmosfer. 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 atmosferik dapat turun ke permukaan melalui gaya gravitasi untuk yang berukuran besar dan dibersihkan oleh curah hujan atau curah salju terutama untuk aerosol yang berukuran kecil. (Tjasmoyo, 2017).

Penelitian tentang pengaruh kelembaban terhadap aerosol dalam hal ini PM<sub>2,5</sub> pernah dilakukan oleh Huang (2008) yang mana pada penelitiannya mereka menggunakan 2 alat pengukur aerosol (BAM1020) dengan pengaturan setting kelembaban udara masuk pada alat. Perlakuan diberikan dengan cara penambahan uap air pada saluran masuk udara pada salah satu BAM1020 pada salah satu pengukur aerosol. Hasil eksperimen yang dilakukan menunjukkan bahwa kelembaban relatif sangat mempengaruhi hasil pembacaan PM<sub>2.5</sub> oleh pengukur beta dalam hal ini BAM1020.

Zat-zat yang berperan dalam pencemaran udara diantaranya SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, Pb, CO<sub>2</sub> dan PM<sub>10</sub>. Partikel debu terhirup (PM<sub>10</sub>) memiliki tingkat risiko kesehatan lebih besar dibandingkan zat polutan lainnya. Terutama partikulat halus yang disebut PM<sub>10</sub> sangat berbahaya bagi kesehatan (Soemarwoto, 2004).

PM<sub>10</sub> merupakan aerosol dan sebagai salah satu dari partikel pencemar. PM<sub>10</sub> bersifat respirable yang memicu terjadinya gangguan pernapasan yaitu Infeksi

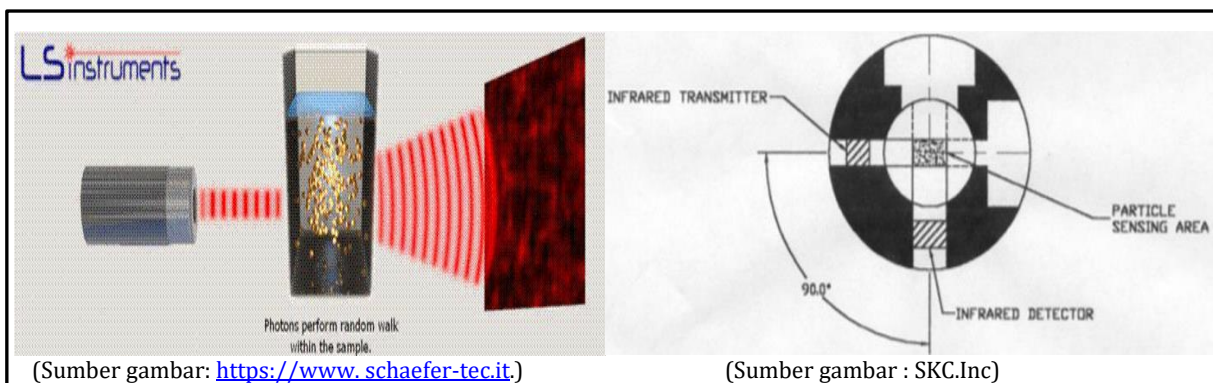
Saluran Pernapasan Akut (ISPA) (Pujiastuti et al., 2013). Pengukuran aerosol (partikel pencemar) diperlukan untuk mengetahui tingkat keadaan kualitas udara dan selanjutnya bisa digunakan sebagai dasar untuk mengambil kebijakan mitigasi terkait kondisi udara yang terjadi.

Ada beberapa macam alat pengukur parameter kualitas udara, baik itu sifatnya *portable* maupun *unportable*. Penggunaan suatu alat ukur sebaiknya memperhatikan spesifikasi alat yang mana dapat mengurangi efek dan pengaruh yang ditimbulkan oleh suatu keadaan atmosfer sehingga berpengaruh terhadap besaran nilai (data) yang dihasilkan.

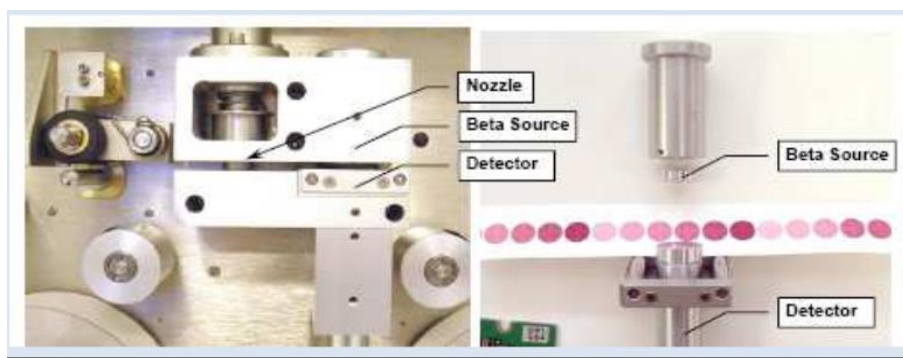
*Portable* menurut kamus bahasa indonesia berarti mudah dibawa-bawa atau mudah dijinjing. Sedangkan *unportable* berarti bahwa tidak mudah dibawa-bawa atau tidak mudah dijinjing. (<https://kbbi.web.id/portabel>). Salah satu alat *portable* untuk mengukur konsentrasi aerosol PM<sub>10</sub> adalah EPAM 5000 dan alat pengukur PM<sub>10</sub> unportable contohnya BAM1020.

EPAM5000 mempunyai sifat *portable*, kemudahan penggunaan, fleksibilitas bagi pengguna dan hasil langsung diketahui merupakan alasan menggunakan alat ini. EPAM5000 salah satu alat ukur debu secara digital dan portabel dan sudah banyak digunakan di Instansi Pemerintahan seperti Dinas Lingkungan Hidup, Balai K3 / HIPERKES, BTKLPP, Dinas Kesehatan Republik Indonesia, Kantor Kesehatan Pelabuhan, Universitas maupun Perusahaan Swasta yang bergerak di pengujian lingkungan. (Dua Pelita Mandiri, 2019).

Dari panduan pengguna SKC environmental particulate air monitor EPAM5000 (1999), menerangkan bahwa EPAM5000 menggunakan hamburan hamburan cahaya jarak dekat dari radiasi infra merah untuk mengukur konsentrasi partikel dan rekaman data konsentrasi partikel udara diukur dalam miligram per meter kubik (mg/m<sup>3</sup>). EPAM-5000 menggabungkan hamburan cahaya untuk pengukuran partikel secara real-time dan gravimetri teknik. EPAM 5000 dapat mengukur konsentrasi aerosol dengan ukuran 1.0 µm, 2.5 µm, 10 µm dan 100 µm.



Gambar 1. Pengukuran real-time metode hamburan cahaya pada EPAM 5000



(Sumber : Met One Instruments, 2013)

Gambar 2. Tinjauan bagian pengambilan *sample* udara dan pengukuran BAM-1020

Jenis alat ukur PM10 unportable salah satunya adalah BAM1020. Bekerja berdasarkan prinsip peluruhan partikel beta yang melalui materi padatan yang dikumpulkan dalam pita filter (lihat gambar 3). Materi padatan yang terkumpul dalam filter fiber tidak lain adalah PM<sub>10</sub> dalam satu volume udara ambien yang dihisap oleh pompa.(Manual Met One.2016). BAM1020 secara berkala dikalibrasi oleh Tim EMPA dan setiap data keluaran telah terkoreksi sehingga dihasilkan data yang benar sebagai bahan referensi konsentrasi PM10 yang benar. Stasiun GAW Bukit Kototabang selaku stasiun referensi udara bersih dalam operasional harian pengukuran PM10 menggunakan BAM1020.

Pengukuran konsentarsi PM10 dengan EPAM5000 telah dilakukan di beberapa wilayah di Sumatera barat untuk mengetahui kualitas udara pada periode waktu siang dan malam hari. Selanjutnya berawal keingintahuan penulis tentang kinerja EPAM 5000 pada pengukuran PM10 maka juga telah dilakukan pengukuran PM10 dengan EPAM5000 di stasiun GAW Bukit Kototabang yangmana kita diketahui bahwa di stasiun GAW Bukit Kototabang juga menyelenggarakan pengukuran PM10 dengan BAM1020.

Adanya perbedaan perangkat kerja antara BAM1020 dan EPAM5000 tentu mempunyai pengaruh pada hasil nilai (data) yang dihasilkan. Pada tulisan ini akan lebih dititik beratkan pada pengaruh keadaan atmosfer dalam hal ini kelembaban udara terhadap konsentrasi hasil pengukuran EPAM5000 yang mana diketahui bahwa aerosol merupakan gabungan dengan materi lainnya yang ada di atmosfer. Oleh karena itu diperlukan suatu informasi tambahan (SOP) tentang kondisi yang tepat untuk pengoperasian EPAM5000 sehingga dihasilkan data yang benar dan *representatif* untuk kegiatan info peringatan dini maupun mitigasi.

Berawal dari latar belakang kegiatan pengukuran PM10 dengan EPAM5000 maka tujuan penulisan ini adalah mengetahui spesifikasi alat ukur EPAM 5000 terhadap pengaruh unsur kelembaban yang mana unsur kelembaban udara akan dipresentasikan dengan pengukuran PM10 periode siang dan malam. Selanjutnya berdasar hal itu pesan dan saran akhir yang akan disampaikan diharapkan dalam

pengoperasian suatu alat ukur PM10 (dalam hal ini EPAM5000) memperhatikan spesifikasi alat dan kondisi atmosfer yang tepat sehingga pengaruh yang mungkin ditimbulkan oleh keadaan suatu lingkungan (atmosfer) tidak mempengaruhi konsentrasi hasil ukur.

## 2. Metodologi Penelitian

### 2.1 Jenis Penelitian

Studi ini berupa diskripsi analitik tentang spesifikasi EPAM5000 untuk pengukuran PM10 terhadap pengaruh unsur kelembaban udara. Unsur kelembaban udara di sini akan dipresentasikan melalui pengukuran pada periode waktu siang dan malam terhadap aerosol PM10. Sebagai pembandingan data yang dihasilkan oleh EPAM5000 akan digunakan data PM10 hasil pengukuran BAM1020 yang ada di stasiun GAW Bukit Kototabang.

Data PM10 hasil pengukuran dari EPAM5000 dan BAM1020 akan diinterpretasikan dengan mendiskripsikan terhadap kondisi atmosfer sebagai representasi unsur kelembaban. untuk menjelaskan pengaruh pada aerosol pada periode siang dan malam. Selanjutnya akan dijelaskan secara garis besar system pengukuran dan spesifikasi BAM1020 dan EPAM5000 untuk mengetahui pengaruh hasil pengukuran terhadap kondisi atmosfer saat pengukuran. Dari hasil ini akan memberikan gambaran tentang spesifikasi alat (EPAM5000 dan BAM 1020) sehingga diketahui kondisi yang tepat untuk pengoperasian alat dilihat dari keadaan kelembaban/atmosfer saat pengukuran

### 2.2 Instrumen yang Digunakan

#### 2.2.1 Alat Ukur Aerosol PM10

Kegiatan pengukuran PM10 dilakukan dengan menggunakan dua alat yaitu EPAM5000 dan BAM1020. EPAM5000 merupakan alat ukur aerosol yang sifatnya mobile dan portable digunakan pada pengukuran di daerah-daerah dan stasiun GAW Bukit Kototabang (lihat tabel1) sedangkan BAM1020 adalah alat ukur

operasional harian yang sifatnya menetap berada di laboratorium Stasiun GAW Bukit Kototabang.

2.2.2 Instrument Pendukung (Unsur cuaca)

Alat ukur parameter cuaca yang digunakan terdiri dari alat portable dan unportable. Alat portable Thermohidrograf dioperasikan bersamaan dengan EPAM5000 (lihat tabel 1) sedangkan AAWS yang sifatnya unportable (berada di taman alat stasiun) digunakan untuk pengukuran parameter cuaca di Stasiun GAW Bukit kototabang bersamaan dengan BAM1020.

2.3 Pengukuran dan Data yang digunakan

Pengukuran PM10 dengan EPAM5000 dan parameter cuaca dilakukan di beberapa daerah di Sumatera Barat dan stasiun GAW Bukit kototabang seperti yang tertera di tabel 1. Masing-masing lokasi dilakukan pengukuran 2 kali sampling (periode siang dan periode malam). Pembacaan PM10 dengan EPAM5000 secara real time bersama dengan unsur kelembaban dari thermohidrograf dilakukan masing-masing setiap 5 menit selama 2 jam. Jam periode waktu pengukuran PM10 EPAM5000 dan unsur cuaca mengikuti periode waktu siang dan malam dari Sas (2016) yang menyatakan bahwa siang berlangsung dari pukul 10.00 s/d 15.00 dan malam berlangsung dari pukul 19.00 s/d 24.00. Pengukuran PM10 dengan BAM1020 merupakan pengukuran secara terus-menerus. Keluaran data BAM1020 setiap 1 jam di Stasiun GAW Bukit Kototabang. Parameter cuaca (unsur kelembaban) di Stasiun GAW Bukit Kototabang diambil dari hasil pengukuran AAWS yang ada di taman alat Stasiun GAW Bukit Kototabang. Keluaran data AAWS setiap 10 menit sehingga akan dirata-ratakan menjadi 1 jam. Dari sini maka didapatkan data PM10 dan kelembaban tiap jam periode waktu siang dan malam secara penuh.

Data kelembaban dari AAWS dan PM10 hasil pengukuran BAM1020 yang digunakan adalah data bulan Januari - Agustus 2019. Alasan penggunaan periode data tersebut adalah terkait dengan keberadaan data dan kondisi kualitas udara serta secara operasional alat dalam keadaan baik (belum ada kasus kebakaran hutan dan keadaan alat berjalan secara optimal).

2.4 Pengolahan Data

Sebelum dilakukan tahap analisis, dilakukan uji kenormalan data hasil pengukuran dengan metode Kolmogorov Smirnov. Data yang diuji normalitasnya meliputi data PM10 yang berasal dari hasil pengukuran EPAM5000 dan data kelembaban udara dari masing-masing daerah sampling. Untuk data PM10 hasil keluaran BAM1020 stasiun GAW Bukit Kototabang tidak dilakukan normalitas karena data keluaran alat adalah data yang telah dilakukan Quality Control dan koreksi. Uji normalitas juga lakukan terhadap data kelembaban udara hasil pengukuran AAWS yang ada di taman alat stasiun GAW Bukit Kototabang.

Hasil uji normalitas Kolmogorov Smirnov menggunakan perangkat lunak Minitab menunjukkan bahwa secara umum data PM10 dan kelembaban berada pada keadaan distribusi normal (P-Value > 0.05). Hasil uji normalitas didapatkan bahwa data kelembaban udara periode malam lokasi Lubuk basung dan stasiun GAW Bukit Kototabang tidak terdistribusi secara normal sehingga data tersebut tidak akan diikutkan dalam analisis antar parameter. Hasil uji normalitas data pengukuran PM10 EPAM5000 dan parameter cuaca (kelembaban) disajikan pada tabel 2.

Untuk keefektifan analisis, data PM10 dan kelembaban udara dijadikan 2 kelompok yaitu periode siang dan periode malam. Pembagian jam periode siang dan malam mengacu pada Sas (2016) yang menyatakan bahwa siang berlangsung dari pukul 10.00 s/d 15.00 dan malam berlangsung dari pukul 19.00 s/d 24.00.

Tabel 1. Lokasi dan Waktu Sampling dengan EPAM 5000 dan alat ukur cuaca portable

No.	Wilayah	Lokasi	Tanggal	Sampling siang Waktu & cuaca		Sampling Malam Waktu & cuaca	
				Waktu	Cuaca	Waktu	Cuaca
1.	Kota Payakumbuh	DLH payakumbuh	28-08-2019	Jam 12.00 s/d jam 14.00	Berawan	Jam 20.00 s/d jam 21.55	Berawan
2.	Kab Dharmasraya	GOR	02-09-2019	Jam 12.40 s/d jam 14.40	Cerah - Berawan	Jam 20.05 s/d jam 22.05	Berawan
3.	Kota Lubuk Basung	Masjid Al Hikmah	05-09-2019	Jam 13.30 s/d jam 15.30	Cerah - Berawan	Jam 21.00 s/d jam 23.00	Berawan-Kabut
4.	Kota Padang	SMA Analis Kimia	26-09-2019	Jam 11.30 s/d jam 13.30	Berawan	Jam 20.00 s/d jam 21.55	Berawan
5.	Stasiun GAW Bukit kototabang	Taman Alat Stasiun	11-10-2019	Jam 12.30 s/d 14.30	Berawan	Jam 18.40 s/d 20.40	Berawan-Kabut

**Tabel 2 .** Kriteria nilai korelasi

Interval Hubungan	Tingkat Hubungan
<0.20	Hubungan Tidak Ada
0.20 – 0.40	Hubungan Rendah
>0.40 – 0.70	Hubungan Cukup
>0.70 – 0.90	Hubungan Tinggi
>0.90 – 1.00	Hubungan Sangat Tinggi

(Sarwono, 2006)

Secara bersama-sama data PM10 dan kelembaban udara dari setiap wilayah dan data dari Stasiun periode waktu siang dan malam diplot dalam bentuk grafik sehingga diketahui nilai yang terukur pada setiap periode waktu sampling. Selanjutnya dilakukan analisis dan interpretasi secara diskriptif dari grafik tersebut.

Hubungan parameter PM10 terhadap kelembaban udara pada periode waktu akan dilakukan dengan uji korelasi linear *Pearson*. Analisis korelasi digunakan untuk mengetahui derajat hubungan linear antara parameter PM10 terhadap parameter kelembaban udara. Dasar pemikiran analisis korelasi ini adalah perubahan antar variabel, artinya, jika perubahan suatu variabel diikuti perubahan variabel yang lain maka kedua variabel tersebut saling berkorelasi yang dihitung dengan rumus :

$$r_x = \frac{n \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{[n \sum X^2 - (\sum X)^2][n \sum Y^2 - (\sum Y)^2]}} \dots (1)$$

Dimana:

n = Banyaknya Pasangan data X dan Y

$\sum x$  = Total Jumlah dari Variabel X

$\sum y$  = Total Jumlah dari Variabel Y

$\sum x^2$  = Kuadrat dari Total Jumlah Variabel X

$\sum y^2$  = Kuadrat dari Total Jumlah Variabel Y

$\sum xy$  = Hasil Perkalian dari Total Jumlah Variabel X dan Variabel Y.

Penentuan tingkat hubungan korelasi menggunakan pedoman nilai korelasi yang disarankan Sarwono (2006) seperti pada Tabel 1. Kondisi atmosfer akan dianalisis pada periode waktu siang dan malam hari untuk mengetahui pengaruh keadaan lingkungan (atmosfer) terhadap keadaan aerosol. Analisis ini digunakan untuk mendukung grafik sebaran nilai konsentrasi PM10 hasil pengukuran dengan EPAM5000 dalam hubungannya dengan pengaruh adanya kelembaban saat sampling. Keadaan cuaca saat sampling didapatkan dari laporan informasi kondisi keadaan cuaca waktu sampling.

### 3. Hasil dan Pembahasan.

#### 3.1 Diskripsi data hasil pengukuran.

Grafik sebaran data hasil pengukuran PM10 dengan EPAM5000 dan unsur kelembaban dengan

Thermohigrograf di daerah dan Stasiun GAW Bukit Kototabang disajikan pada gambar 3 dan 4a. Dari laporan hasil observasi keadaan cuaca saat sampling malam diketahui bahwa beberapa daerah pada kondisi kabut, hal ini dapat diketahui dari cahaya lampu penerangan jalan dengan cahaya yang kabur saat sampling.

Konsentrasi PM10 hasil pengukuran dengan EPAM5000 secara umum pada malam hari lebih besar malam hari daripada pada pengukuran periode siang hari. Sejalan dengan keadaan atmosfer dan cuaca saat pengukuran maka nilai kelembaban pada malam hari lebih tinggi dari kelembaban pada siang hari. Nilai PM10 pada wilayah Lubuk Basung dan stasiun GAW bukit kototabang tampak lebih berfluktuatif dari pengukuran wilayah lainnya. Dari laporan hasil observasi keadaan udara saat sampling di Lubuk Basung dan Stasiun GAW Bukit Kotitabang diketahui bahwa pada nilai yang tinggi bertepatan dengan saat kondisi kabut dan nilai kelembaban yang tinggi.

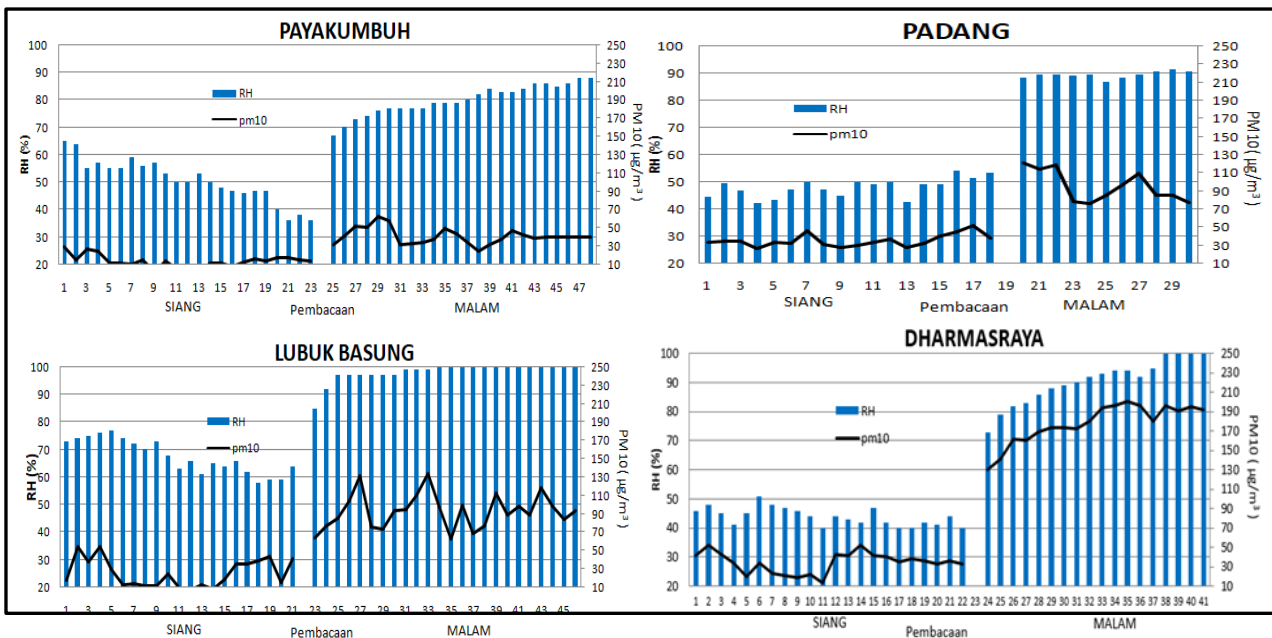
Dari hasil pembacaan data dan laporan pengukuran untuk wilayah Lubuk Basung dan stasiun GAW Bukit Kototabang diketahui bahwa selama pengukuran pada periode malam harus dilakukan pengulangan *Manual Zero*. Tujuan dari dilakukan *manual zero* ini adalah untuk membersihkan optik dan sensor selanjutnya menetapkan baseline pengukuran EPAM-5000 menjadi nol mg / m<sup>3</sup>. (SKC.Inc, 1999) . Pengulangan *Manual Zero* dilakukan ketika nilai PM10 sangat tinggi (>150) dan terus meningkat. Selama periode malam sampling di wilayah Lubuk basung dan stasiun GAW Bukit Kototabang harus dilakukan *Manual Zero* sebanyak 3 kali stasiun GAW Bukit Kototabang harus dilakukan *Manual Zero* sebanyak 3 kali.

Seperti yang ditunjukkan pada gambar 4, pada waktu dan tempat yang sama yaitu tanggal 11 Oktober 2020 di stasiun GAW Bukit Kototabang terdapat perbedaan yang besar pada hasil ukur konsentrasi antara instrument BAM1020 dan EPAM5000. Pada periode siang, hasil pengukuran PM10 didapatkan nilai yang relatif sama dari kedua alat tersebut. Pengukuran pada periode siang hari di stasiun GAW Bukit Kototabang dengan BAM1020 berkisar antara 57 µg/m<sup>3</sup> - 75 µg/m<sup>3</sup>, sedangkan EPAM5000 bernilai 43 µg/m<sup>3</sup> - 82 µg/m<sup>3</sup>. Untuk pengukuran periode malam hari, hasil pengukuran dengan BAM1020 tercatat bahwa konsentrasi PM10 lebih stabil dan lebih rendah dari pada hasil pengukuran dengan EPAM5000. Selama waktu periode pengukuran dengan EPAM5000 harus dilakukan 4 kali *manual zero* karena nilai yang terbaca pada monitor EPAM5000 sangat tinggi.

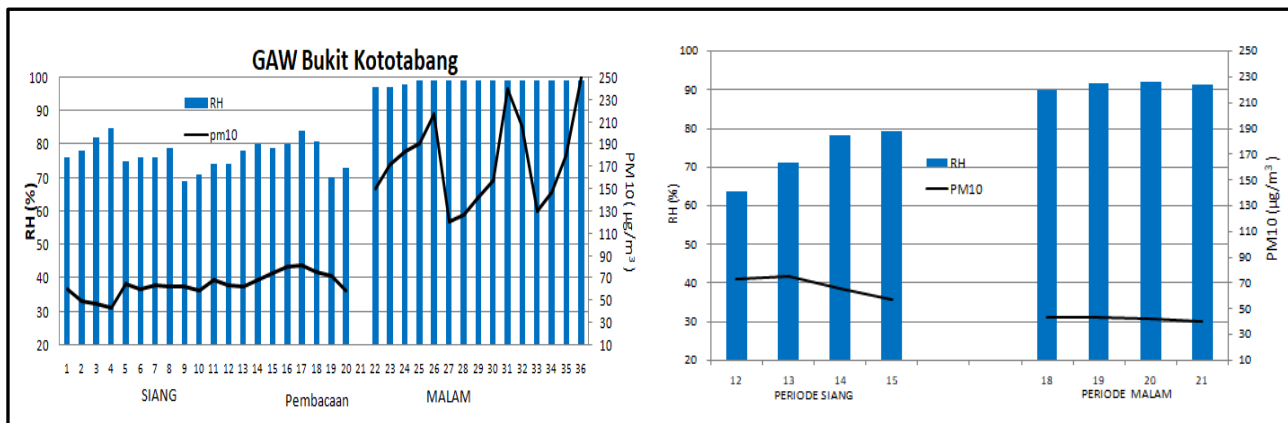
Nilai kelembaban yang terukur pada periode siang dan malam didapatkan pola yang sama yang mana perubahan kondisi atmosfer pada siang dan malam sejalan dengan nilai kelembaban yang terukur seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3 dan 4 .

Tabel 3. Hasil uji normalitas data PM10 (EPAM5000) dan kelembaban udara

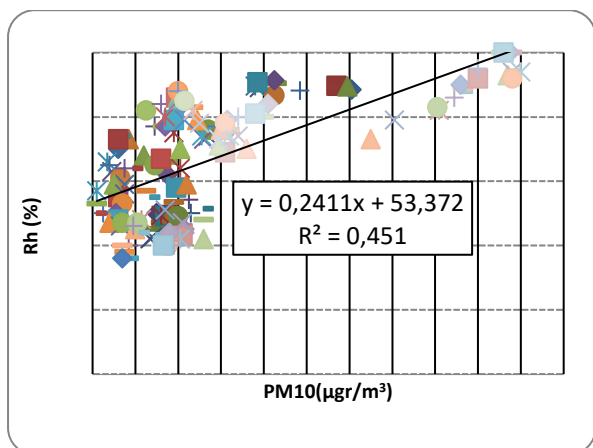
Lokasi	Periode	PM10				Kelembaban			
		Mean	N	P-Value	Sifat	Mean	N	P-Value	Sifat
Padang	Siang	35.4	18	0.076	Normal	48	18	0.15	Normal
	Malam	95.3	11	0.061	Normal	89	11	>0.15	Normal
Lubuk Basung	Siang	25.3	21	0.062	Normal	67	22	>0.15	Normal
	Malam	92.9	24	>0.15	Normal	98	24	<0.01	Tidak Normal
Payakumbuh	Siang	13.4	23	0.068	Normal	50	23	>0.15	Normal
	Malam	40.9	24	0.083	Normal	80	24	>0.15	Normal
Dharmasraya	Siang	34.3	22	0.071	Normal	44	22	>0.15	Normal
	Malam	177	18	0.085	Normal	90	18	>0.15	Normal
GAW Bukit Kototabang	Siang	63.9	20	>0.15	Normal	77	20	>0.15	Normal
	Malam	183	20	>0.15	Normal	98	20	<0.01	Tidak Normal
GAW Bukit Kototabang (AAWS)	Siang					61	84	>0.15	Normal
	Malam					82	84	>0.15	Normal



Gambar 3. Data PM10 dengan EPAM5000 dan kelembaban dari Thermohidrograf di daerah



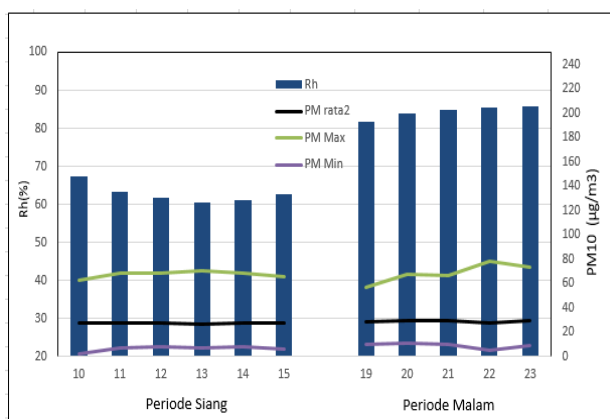
Gambar 4. Pengukuran PM10 tanggal 11 Oktober 2019 di Stasiun GAW Bukit Kototabang  
 (a) PM10 (EPAM5000) dan kelembaban (Thermohigrograf), (b) PM10 (BAM1020) dan kelembaban (AAWS)



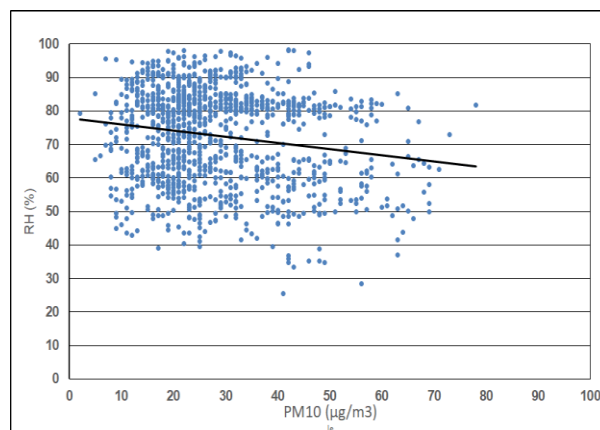
Gambar 5. PM10 (EPAM5000) dan kelembaban (Thermohidrograf)

Scattering data PM10 hasil pengukuran dengan EPAM5000 dan kelembaban dengan menggunakan Thermohidrograf seperti ditunjukkan pada gambar 5. Persamaan hubungan antara kedua parameter tersebut mempunyai sifat hubungan linier positif sehingga ini mengindikasikan bahwa kenaikan konsentrasi PM10 sejalan dengan dengan kenaikan kelembaban udara. Hal ini memperjelas gambar 3 dan 4 (a) yang mana pengukuran PM10 dengan EPAM5000 sejalan dengan kenaikan kelembaban pada periode saat itu.

Konsentrasi rata-rata tiap jam periode siang dan malam hasil pengukuran PM10 dengan BAM1020 dan kelembaban selama bulan Januari – Agustus 2019 di stasiun GAW Bukit Kototabang ditampilkan pada gambar 6. Rata-rata nilai konsentrasi pada periode waktu siang dan malam secara umum mendekati sama. Rata-rata PM10 periode siang berkisar antara 26.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  - 27.8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  sedangkan pada periode malam berkisar antara 27.9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  - 29.7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Untuk parameter kelembaban yang terukur dari AAWS seiring dengan perubahan kondisi atmosfer malam hari yaitu nilai kelembaban lebih tinggi dari periode siang hari.



Gambar 6 . PM10 (BAM1020) dan kelembaban (AAWS) Stasiun GAW Bukit Kototabang periode bulan Januari - Agustus 2019.



Gambar 7 . PM10 (BAM1020) dan kelembaban (AAWS)

Grafik scatter gambar 7 di bawah menjelaskan bahwa hubungan hasil pengukuran PM10 dengan BAM1020 dan kelembaban membentuk pola negatif yang berarti bahwa kedua parameter tersebut tidak mempunyai hubungan.

### 3.3 Analisis Diskripsi Instrument EPAM5000 dan BAM1020.

Dari buku panduan pengguna EPAM5000 (SKC Inc, 1999) menerangkan bahwa EPAM-5000 menggunakan prinsip hamburan cahaya jarak dekat dari radiasi infra merah. Saat partikel di udara memasuki pancaran inframerah, mereka menyebarkan cahaya. Jumlah cahaya yang diterima oleh detektor foto berbanding lurus dengan konsentrasi aerosol. Nilai konsentrasi partikel akan langsung ditampilkan pada layar monitor EPAM5000.

Buku petunjuk Manual Met One (2016), BAM1020 bekerja berdasarkan prinsip peluruhan partikel beta yang melalui materi padatan yang dikumpulkan dalam pita filter yang terbuat dari fiber. Materi padatan yang terkumpul dalam filter fiber tidak lain adalah PM<sub>10</sub> dalam satu volume udara ambien yang dihisap oleh pompa.

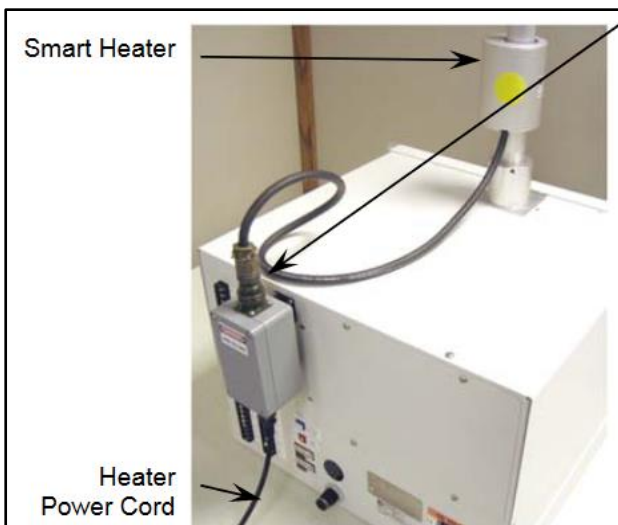
Pada BAM1020, sebelum aliran udara masuk ke sistem, terlebih dahulu akan dilakukan dikoreksi suhu dan kelembaban untuk disesuaikan dengan setting alat. Ada menu untuk mengatur *Smart Inlet Heater* bekerja. Sensor yang terletak di bawah pita filter untuk memantau kondisi udara saat aliran udara masuk. Jika kelembaban relatif *sample* yang diukur dari aliran udara lebih tinggi dari sekitar 50% maka pengukuran PM10 mungkin condong lebih tinggi dari yang dihasilkan *sample* referensi yang terkumpul. (Met One Instruments, Inc. 2016).

*Smart heater* akan mengontrol kadar air *sample* hingga kurang dari 35%. Ini mencegah pengukuran berlebihan yang disebabkan oleh kelembaban ambien berlebih yang diserap ke dalam *sample* noda debu pada filter. (Hart, 2010). Smart Heater dapat mengurangi kelembaban berlebih dari aliran udara *sample* dengan

memanaskan tabung saluran masuk secara aktif dengan memanaskan aliran udara *sample* setiap kali nilai RH yang melebihi nilai yang ditentukan. (Met One Instruments, Inc. 2016)

Pada EPAM5000 aliran udara yang dihisap langsung masuk ke sistem untuk dilakukan pengukuran partikel (lihat gambar 1a). Aliran *sample* udara dengan kadar uap air yang masih tinggi dari lingkungan akan ikut terukur. Pada EPAM5000 terdapat fitur untuk pembersihan Nol Otomatis dan menyesuaikan penyimpangan dasar karena perubahan suhu sekitar yang parah. Terdapat 2 fitur untuk membersihkan optik sensor yakni *Auto Zero* dan *Manual Zero*. Fitur *Auto-Zero* membersihkan optik sensor dengan udara bersih dan menetapkan kembali baseline setiap 30 menit. *Manual-Zero* menetapkan baseline pengukuran EPAM-5000 menjadi nol mg / m<sup>3</sup>. (SKC Inc, 1999).

Perbedaan perlakuan instrument terhadap kadar air berlebih pada *sample* aliran udara adalah adanya *Smart Heater* pada BAM1020 yang akan mengontrol kadar air aliran udara sebelum pengukuran sedangkan pada EPAM5000 aliran udara langsung masuk ke system untuk pengukuran tetapi ada menu *Manual Zero* pada EPAM5000 yang tujuannya untuk membersihkan optik dari kadar air yang berlebih yang masuk bersama *sample* aliran masuk. (SKC Inc, 1999). Sebagai gambaran dari hal di atas dapat dilihat pada gambar 3 dan 4. Untuk periode siang hari didapatkan konsentrasi PM10 hasil EPAM5000 dan BAM1020 relatif sama. Perbedaan hasil ukur PM10 dapat dilihat pengukuran periode malam. Pada EPAM5000 aliran udara yang masih tinggi kadar uap airnya langsung masuk ke system dan terukur sehingga ini menyebabkan tingginya nilai konsentrasi PM10 yang ditampilkan pada minitor EPAM5000 (lihat gambar 3 grafik Lubuk basung dan gambar 4a.), sedangkan pada BAM1020, aliran udara sebelum masuk ke system telah dikontrol kadar airnya lebih dahulu sehingga hasil dari BAM1020 rendah.



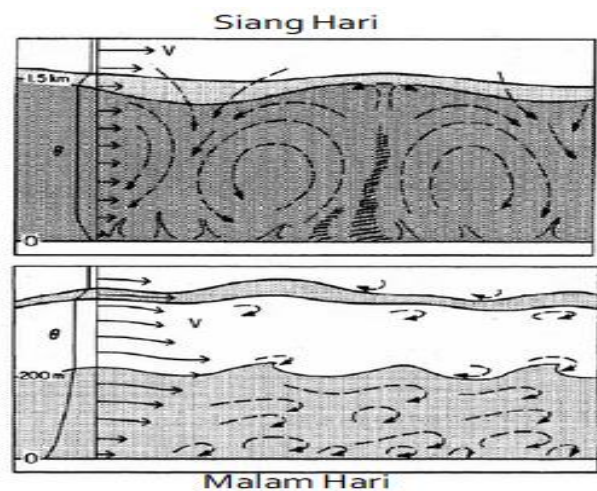
(Sumber :Met One Instrument, 2016)  
Gambar 10. Smart heater pada BAM1020

### 3.4 Interpretasi kondisi atmosfer dan aerosol pada periode waktu siang dan malam.

Pada siang hari, menurut Arya (2001) yang diambil dari Hermayana (2012) terjadi pemanasan secara terus menerus dan pencampuran termal, sehingga ketebalan *planetary boundary layer* (PBL) meningkat sepanjang hari dan akan mencapai ketebalan maksimum ketika sore hari yang besarnya dapat mencapai ±0.2-5 km. Selanjutnya saat matahari terbenam, mulai terjadi pendinginan di daratan yang menyebabkan turbulensi semakin lemah sehingga ketebalan PBL hanya mencapai ±20-500 m. Sehingga PBL sangat dipengaruhi oleh pemanasan dan pendinginan di permukaan secara diurnal.

Selanjutnya pada malam hari melalui suatu proses yang disebut radiasi termal benda-benda di dekat tanah menjadi dingin, suhu udara disekitarnya juga menjadi berkurang. Proses terjadinya pengembunan atau kondensasi terjadi saat uap air di udara melalui permukaan yang lebih dingin dari titik embun uap air, maka uap air ini akan terkondensasi menjadi titik – titik air atau embun.(Sari, 2015).

Keberadaan PBL berhubungan erat dengan stabilitas atmosfer. Prinsip yang digunakan dalam memahami kestabilan atmosfer adalah bahwa perbedaan suhu antara paket udara dan lingkungannya akan mempengaruhi perbedaan kerapatan, sehingga mempengaruhi gaya apung (*bouyancy*). Udara yang lebih hangat akan cenderung mengembang vertikal, sebaliknya udara yang lebih dingin akan cenderung mengendap (*sink*) (Larasati., 2016). Seperti pada gambar 11 diatas, pada siang hari dimana PBL yang tinggi menjadikan pencampuran partikel gas dengan aerosol menempati ruang volume yang lebih besar sedangkan pada malam hari ruang pencampuran PBL lebih rendah menjadikan pencampuran PBL menempati ruang volume yang kecil.



(Sumber : Handayani, 2012)

Gambar 11. Tinggi dan ruang pencampuran *planetary boundary layer* pada siang dan malam hari.





(Sumber : Stasiun GAW Bukit Kototabang, 2019)  
Gambar 12. Keadaan udara (udara kabur/pengembunan) pada malam hari.

**Tabel 4.** Korelasi PM10 dan kelembaban udara

Instrument	Lokasi	Periode
		Siang-malam
EPAM5000 & Thermo Hidrograf	Padang	0.93
	Lubuk Basung	0.87*
	Payakumbuh	0.78
	Dharmasraya	0.98
	GAW Bukit Kototabang	0.86*
BAM1020 & AAWS	GAW Bukit Kototabang	-0.18

\* : Tidak normal pada uji normalitas data pada data Rh periode malam

Penurunan suhu udara pada malam hari sejalan dengan kenaikan kelembaban sehingga udara menjadi lebih rapat dan massa udara lebih besar karena adanya aerosol yang menyerap kadar air. Sejalan dengan yang dikemukakan oleh Soedomo (2001) bahwa kondisi atmosfer sangat dinamik yang secara alami mampu melakukan dispersi, dilusi, difusi, dan transformasi baik melalui proses fisika maupun kimia serta mekanisme kinetic atmosfer terhadap zat-zat pencemar.

Aerosol atmosferik dapat turun kepermukaan melalui gaya gravitasi (Tjasyono, 2017). Udara menjadi kabur oleh aerosol hidroskopis yang bergerak turun dan menempati ruang PBL rendah (malam hari). Udara kabur karena adanya pengembunan ini dapat dilihat dari pendaran cahaya lampu. Semakin padat udara oleh uap air (embun) maka cahaya lampu akan semakin kabur (lihat gambar 12).

Merangkum dari hal diatas maka pada malam hari PBL yang lebih rendah dari siang hari, aerosol atmosferik cenderung akan bergerak turun (karena gaya grafitasi). Pada malam hari, di dekat permukaan terjadi pengembunan dan pencampuran aerosol dengan uap air sehingga dalam udara selain terdapat kadar air yang tinggi juga terdapat aerosol hidroskopis yang menjadikan udara menjadi kabur. Untuk mengetahui jumlah konsentrasi aerosol harus ada upaya pemisahan aerosol hidroskopis dan uap air dari aliran udara yang masuk sehingga didapatkan nilai konsentrasi yang representatif.

### 3.5 Korelasi PM10 dan kelembaban udara.

Pada gambar 3 dan 4a menjelaskan konsentrasi PM10 pada periode siang lebih rendah dari pada periode waktu malam dan ini saling berkesesuaian dengan paramater kelembaban udara. Berbeda halnya dengan gambar 4b dan 6 (PM10 dengan BAM1020), kenaikan kelembaban pada periode malam tidak diikuti dengan kenaikan pada konsentrasi PM10 hasil pengukuran dengan BAM1020.

Data PM10 pengukuran dengan EPAM5000 dari masing-masing lokasi mempunyai korelasi kuat terhadap parameter kelembaban sedangkan untuk data PM10 hasil pengukuran BAM1020 tidak mempunyai korelasi dengan parameter kelembaban seperti yang ditunjukkan pada table 3 di bawah ini. Dari sini jelas terlihat bahwa factor alat menjadikan perbedaan besaran nilai dan korelasi terhadap parameter yang sama.

## 4. Kesimpulan & Saran

Udara kabur pada malam hari disebabkan karena adanya embun dan aerosol hidroskopis yang menyerap uap air. Adanya *Smart Heather* pada BAM1020 dan menu *Manual Zero* pada EPAM5000 merupakan pembeda terhadap hasil ukur konsentrasi PM10. Hasil ukur PM10 dengan BAM1020 merupakan hasil ukur PM10 yang representatif karena telah memisahkan aerosol dengan kandungan uap air dari aerosol hidroskopis.

Penggunaan EPAM5000 akan representatif jika pengukuran dilaksanakan pada siang hari atau pada kondisi kadar uap air rendah (cuaca cerah atau berawan). Perlu adanya semacam sensor atau pemanas untuk mengontrol kadar air pada aliran udara sebelum masuk ke sistem EPAM5000.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arya, P.S. (2001). *Introduction to icrometeorology, Second Edition*. San Diego, New York, Berkeley, Boston, London, Sydney, Tokyo, Toronto: Academic Press, Inc
- Burhanuddin, M. (2012). *Koefisien Korelasi, Signifikansi, & Determinasi*. Diakses dari <https://alvinburhani.wordpress.com/2012/06/28/koefisien-korelasi-signifikansi-determinasi/>.
- Dua Pelita Mandiri. (2019). *Haz-Dust EPAM-5000 Environmental Particulate Air Monitor, EPAM5000*. Diakses dari <http://duapelitamandiri.com/home/-haz-dust-epam-5000-environmental-particulate-air-monitor-epam-5000-97.html>.
- Chueinta, W, dan Hopke, P.K. (2001). Beta gauge for aerosol mass measurement. *Aerosol Sci. Technol.* 35, 840.
- Handayani, D.T. (2012). *Atmospheric Boundary Layer*. Diakses dari [https://www.academia.edu/7280881/AtmosphericBoundary\\_Layer](https://www.academia.edu/7280881/AtmosphericBoundary_Layer).
- Hart, D. (2010). *BAM-1020 Smart Heater Idle Wattage Setting*. Diakses dari [https://www.metone.com/wp-content/uploads/2019/03/bam\\_heater\\_idle\\_wattage\\_setting.pdf](https://www.metone.com/wp-content/uploads/2019/03/bam_heater_idle_wattage_setting.pdf)
- Hermayana, F.F. (2012). *Kajian Atmosfer Bawah Wilayah Tropis dan Subtropis*. skripsi. F.MIPA.Bogor : Institut Pertanian Bogor
- Huang, C.H, dan Tai, C.Y. (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
- Jacob, D.J. (1999). *Introduction To Atmospheric Chemistry*. New Jersey: Princetown University Press
- Jurnal lingkungan. (2010).Pencemar Antropogenik. *Jurnal Lingkungan*. Diakses dari <https://jurnalingkungan.wordpress.com/sumber-pencemar-antropogenik>
- Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI). Diakses dari <https://kbbi.web.id/portabel>.
- Kho, D. (2020). *Menghitung Koefisien Korelasi dengan Menggunakan Microsoft Excel. Teknik Elektronika*. Diakses dari <https://teknikelektronika.com/menghitung-koefisien-korelasi-dengan-menggunakan-microsoft-excel/>.
- Larasati,R. (2016). *Awan dan Presipitasi*. Diakses dari <https://rlarasati.wordpress.com/2016/01/28/awan-dan-presipitasi/>
- Met One Instrument, Inc . (2016). *BAM 1020 Particulate Montor Operation Manual. BAM1020-9800REV W., 1600 NW Washington Blvd: Met One Instrument, Inc*
- Mukono, H.J. (2008). *Pencemaran Udara dan Pengaruhnya Terhadap Gangguan Saluran Pernafasan. Cetakan Ketiga*. Surabaya : Airlangga University Press.
- Pujiastuti,P.S.,Juli., dan Dirgawati, M. (2013). Karakteristik Anorganik PM10 di Udara Ambien Terhadap Mortalitas dan Morbiditas Pada KAWasan Industri di kota Bandung. *Jurnal Institut Teknologi Nasional.* 1 (1) :24-34
- R-Stats. (1999). *Korelasi Pearson*. Diakses dari <https://www.rumusstatistik.com/2019/06/korelasi-pearson.html>.
- Sari,L.F. (2015). *Proses Terjadinya Embun (Penggembunan)*. Diakses dari <http://tamanbahasaIndonesia.blogspot.com/2015/03/proses-terjadinya-embun-penggembunan.html>,
- Sarwono, J. (2006). *Metode penelitian kuantitatif & kualitatif*. Yogyakarta : Graha Ilmu
- Sas, D.E. (2016). *Batas Waktu Pagi, Siang, Sore Pada Jam*. Diakses dari <https://wawasan85.blogspot.com/2016/11/batas-waktu-pagi-siang-sore-pada-jam.html>.
- Schaefer Italy. (2020). *Diffusing Wave Spectroscopy*. Diakses dari <https://www.schaefer-tec.it/it/cat-prodotti/diffusing-wave-spectroscopy-dws>
- Sillin, J. (2018). *The Planetary Boundary Layer*. Diakses dari <https://blog.weather.us/theplanetary-boundary-layer/>.
- SKC Inc. (1999). *User's Guide: SKC Environmental Particulate Air Monitor Model SKC EPAM-5000*. 863 Valley View Road Eighty Four, PA: Environmental Devices Corporation
- Soedomo, M. (2001), *Pencemaran Udara (Kumpulan Karya Ilmiah)*, Bandung : ITB.
- Soemarwoto, O. (2004). *Ekologi, lingkungan hidup dan pembangunan*. Jakarta: Djambatan.
- Stasiun GAW Bukit Kototabang, (2019). *Laporan Sampling KU daerah Payakumbuh, Lubuk Basung, Dharmasraya, Padang tahun 2019*. Bukit Kototabang: BMKG-Stasiun GAW Bukit Kototabang
- Taqiyya, M. (2014). *Teknologi Modifikasi Cuaca. Majalah 1000guru*. Diakses dari <http://majalah1000guru.net/2014/02/modifikasi-cuaca>.
- Tjasyono, B. (2017). *Mikrofisika Awan Dan Hujan*. BMKG. Jakarta
- Wikipedia.(2013).*Aerosol*. Diakses dari <https://id.wikipedia.org/wiki/Aerosol>.