

## POLA SEBARAN POLUTAN PM 2.5 DAN PM 10 HARIAN TERHADAP FAKTOR SUHU DAN KELEMBABAN

**Ikha Rasti Julia Sari\*, Januar Arif Fatkhurrahman dan Yose Andriani**

Balai Besar Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri

Jl. Kimangunsarkoro No. 6, Semarang 50136.

\*Email: ikha.rasti@gmail.com

### Abstrak

*Partikulat diidentifikasi sebagai polutan mayoritas dalam ruangan. Distribusi ukuran partikulat meliputi partikel kasar (PM10-2.5) dan partikel halus (PM2.5). Pengukuran PM10 dan PM2.5 dilakukan dengan alat High Volume Air Sampler (HVAS) dan Low Volume Air Sampler (LVAS). Pengukuran dengan HVAS maupun LVAS membutuhkan biaya yang cukup tinggi untuk alat dan operasional. Saat ini telah dikembangkan pengukuran menggunakan sensor berbiaya rendah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pola sebaran parameter PM2.5 dan PM10 terhadap faktor kelembaban dan suhu pada tiga lokasi di Balai Besar Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri (BBTPPI) Semarang dengan menggunakan sensor berbiaya murah. Sensor partikulat yang digunakan adalah PMS 7003, data suhu dan kelembaban dari DHT22. Data pembacaan disimpan setiap 10 menit. Hasil pemantauan PM10 dan PM2.5 terlihat bahwa konsentrasi tertinggi berada di lokasi pos security dengan median PM10 adalah 66 µg/Nm<sup>3</sup> dan 51 µg/Nm<sup>3</sup> untuk PM2.5. Pada malam hari konsentrasi PM10 dan PM2.5 lebih tinggi bila dibandingkan dengan siang hari, hal ini dikarenakan pengaruh suhu dan kelembaban.*

**Kata kunci:** Partikulat, PM2.5, PM10, sensor partikulat

### 1. PENDAHULUAN

Partikulat yang berada di udara sebagian besar berasal dari kegiatan antropogenik seperti kegiatan lalu lintas dan industri. Komponen yang terkandung dalam partikulat terdiri dari fisika dan kimia (Bowe et al. 2017). Partikulat mengandung elemen mineral dan logam. Partikel kasar banyak mengandung logam ringan (Na, K, Ca, Mg, Al) dan logam berat (Fe dan Zn). Logam Cd, Cr, Cu, Ni, Mn and Pb ditemukan pada partikel halus. Dari beberapa logam tersebut, Cr ditemukan sebagai faktor tertinggi sebagai karsinogenik (Hieu and Lee, 2010). Karakteristik serupa juga ditemukan oleh Mukhtar et al. (2012) dimana selain logam-logam tersebut juga ditemukan Cl, Si, dan S. Kandungan Al, Fe, Ca, K, Mg and Na banyak ditemukan pada partikulat yaitu sebesar 92,7% tetapi, konsentrasi yang kecil bukan berarti tidak berbahaya, karena masing-masing unsur mempunyai tingkat toksisitas yang berbeda. Unsur logam berat memiliki tingkat toksik dan efek yang berbahaya walaupun dalam jumlah yang sedikit (Chithra and Nagendra, 2013; Mukhtar et al. 2012)

Partikulat yang terhirup manusia dapat terakumulasi di dalam tubuh. Kandungan yang bersifat kimia toksik dan biomagnifikasi menjadi salah satu pemicu kanker. Sumber yang berbeda menghasilkan partikulat dengan ukuran berbeda sehingga efek kesehatan yang ditimbulkan pun berbeda. Hime, Marks, and Cowie (2006) mereview sumber partikulat dari kegiatan lalu lintas, pembangkit listrik berbahan bakar batu bara, knalpot diesel, pemanas dengan bahan bakar kayu serta debu kristal. Masing-masing sumber tersebut menghasilkan *particulate matter* (PM) dengan ukuran 0,1 - 10 µm. Dampak terhadap kesehatan manusia pun bervariasi dari gangguan pernapasan dan penglihatan sampai kanker paru-paru (Hime, Marks, and Cowie 2006; Mukherjee and Agrawal 2017; Rosalia et al. 1999; Burns et al. 2014).

Partikulat diidentifikasi sebagai polutan mayoritas dalam ruangan (Chithra and Nagendra 2013). Berbeda dengan outdoor, sumber partikulat pada indoor lebih bervariasi. Partikulat dalam ruangan dapat bersumber dari luar, kegiatan manusia dalam ruangan, debu serta mikroorganisme (Wu, Jin, and Carlsten 2019). Dalam ruangan juga terdapat elemen karbon (EC) dan karbon organik (OC) meskipun tidak signifikan dengan rasio indoor/outdoor (I/O) untuk EC = 0,70 dan OC = 0,82 (Chithra and Nagendra 2013).

Pengukuran PM10 dan PM2.5 dilakukan dengan alat High Volume Air Sampler (HVAS) dan Low Volume Air Sampler (LVAS) dimana analisisnya menggunakan metode gravimetri.

Konsentrasi PM10 dan PM2.5 harus memenuhi baku mutu yang disyaratkan dalam peraturan. Indonesia menerapkan ambang batas PM10 sebesar  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$  dan  $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$  untuk PM2.5 sedangkan World Health Organization (WHO) menerapkan ambang batas yang lebih rendah yaitu sebesar  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  untuk PM10 dan  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  untuk PM2,5.

Pengukuran dengan HVAS maupun LVAS membutuhkan biaya yang cukup tinggi untuk alat dan operasional. Saat ini telah dikembangkan pengukuran menggunakan sensor berbiaya rendah (Liu et al. 2019). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pola sebaran parameter PM2.5 dan PM10 terhadap faktor kelembaban dan suhu pada tiga lokasi di Balai Besar Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri (BBTPPI) Semarang dengan menggunakan sensor berbiaya murah.

## 2. METODOLOGI

### *Bahan dan Alat*

Bahan yang digunakan pada kegiatan penelitian ini meliputi, acrylic sheet untuk bahan konstruksi dan penyangga, baut, mur, dan kabel untuk konstruksi elektronik. Peralatan yang digunakan pada kegiatan penelitian ini, arduino uno, Sdcard module, humidity and temperature sensor DHT22, dan sensor partikulat PMS 7003.

### *Prosedur*

Arduino uno digunakan sebagai mikrokontroler untuk membaca data partikulat dari sensor partikulat PMS 7003 dan data suhu dan kelembaban dari DHT22. Sdcard module yang dilengkapi dengan RTC sensor digunakan untuk menyimpan data setiap 10 menit dan mencatat waktu perekaman data. Data disimpan dalam Sdcard dan disimpan dalam format CSV yang dibuka menggunakan Excel untuk dianalisa. Ketiga sensor partikulat ditempatkan pada ruangan yang berbeda-beda di kantor BBTPPI, yaitu : pos security, penerima contoh dan laboratorium. Data diambil selama 17 hari

### *Analisis Data*

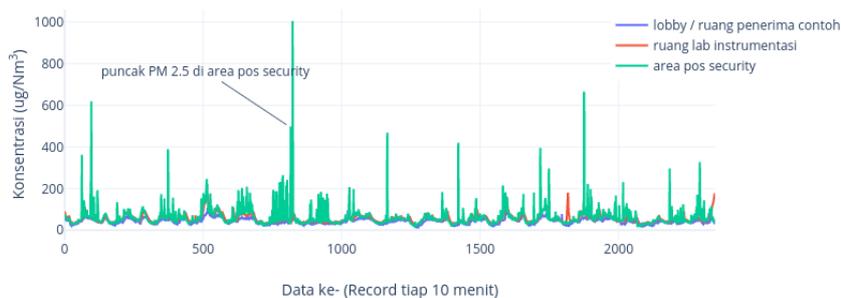
Data pengukuran PM 2.5, PM 10, suhu dan kelembaban untuk tiap lokasi pengambilan contoh ditabulasi dalam format excel, data dianalisis meliputi median pengukuran, sebaran harian PM 2.5, PM 10, suhu dan kelembaban.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

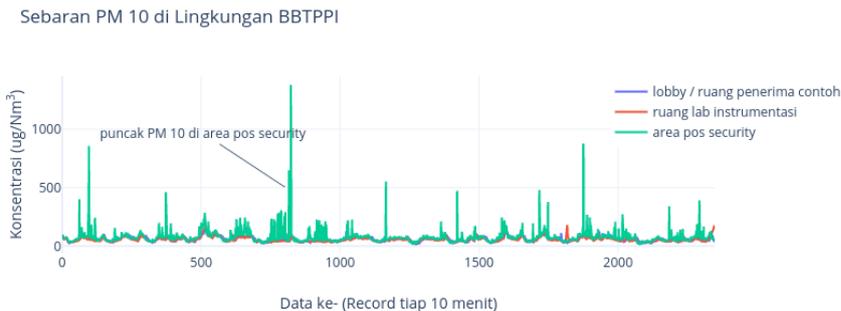
Ujicoba dilakukan di tiga lokasi di lingkungan BBTPPI yaitu dua lokasi indoor dan 1 lokasi outdoor. Masing – masing lokasi mewakili aktivitas dan potensi sumber partikulat yang berbeda, ruangan lobby atau penerima contoh mempunyai aktivitas dominan berupa kegiatan administrasi penerimaan contoh, aktivitas dari lalu lintas meskipun lokasi ruangan relatif dekat dengan jalan raya, namun ruangan penerima contoh cukup tertutup dari pengaruh lalu lintas. Ruangan selanjutnya merupakan laboratorium instrumentasi, peralatan sensor PM 2.5 dan PM 10 diletakkan sekitar 5 meter dari sumber cemaran dominan berupa peralatan Atomic Absorption Spectroscopy (AAS), suhu dan kelembaban ruangan instrumentasi dijaga menggunakan dehumidifier, sementara lokasi terakhir merupakan area pos security dengan potensi sumber cemaran PM 2.5 dan PM 10 dari lalu lintas di jalan Kimangunsarkoro.

Hasil identifikasi dan analisis PM 2.5 dan PM 10 untuk ruangan lobby penerima contoh, laboratorium instrumentasi dan pos security BBTPPI untuk pengukuran selama 17 hari seperti terlihat pada gambar 1.

Sebaran PM 2.5 di Lingkungan BBTPPI



(a)



(b)

**Gambar 1. Sebaran PM 2.5 (a) dan PM 10 (b) di lingkungan BBTPI**

Data pengukuran PM 2.5 dan PM 10 pada ketiga lokasi menunjukkan konsentrasi partikulat yang beragam, dengan median untuk masing – masing lokasi seperti pada tabel di bawah ini

**Tabel 1. Nilai Median Pengukuran PM 2.5 dan PM 10**

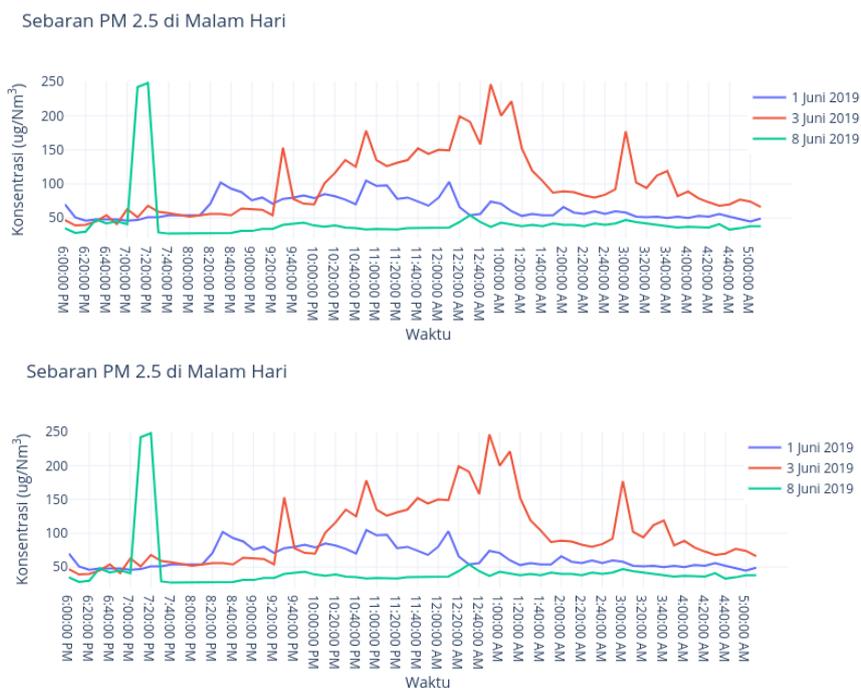
No	Lokasi	Median PM 2.5 ( $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ )	Median PM 10 ( $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ )
1	Lobby / Ruang Penerima Contoh	43	60
2	Ruang Lab Instrumentasi	49	63
3	Area Pos Security	51	66

Dilihat dari gambar dan tabel diatas menunjukkan bahwa sebaran konsentrasi PM 2.5 dan PM 10 tertinggi di area pos security BBTPI, hal ini disebabkan oleh kecenderungan sumber cemaran dari aktivitas lalu lintas di Jl. Kimangunsarkoro.

Ditinjau dari hasil partikulat yang paling tinggi pada pos satpam, maka dilihat dari detail waktu pemaparan yang dibedakan atas waktu siang (06.00 – 18.00) dan malam (18.00 – 06.00). Hasil pemaparan dibedakan atas tiga waktu yaitu tanggal 1, 3 dan 8 juni 2019 dimana terlihat sebaran partikulat yang berbeda. Kecenderungan tingkat cemaran PM 2.5 dan PM 10 lebih tinggi pada malam hari seperti yang terlihat pada gambar 2.



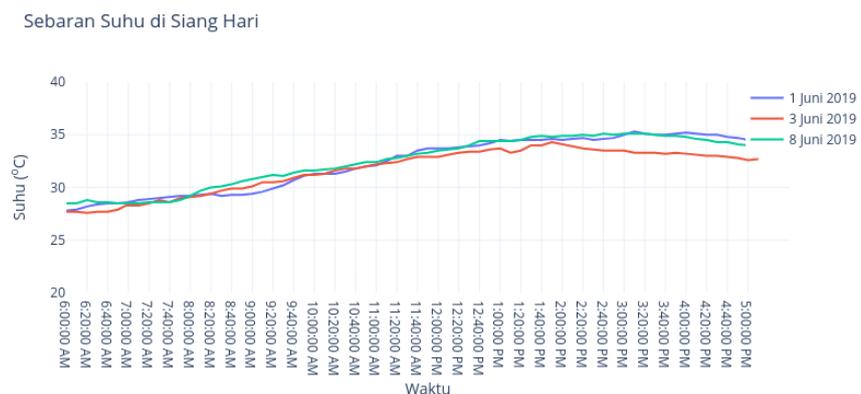
(a)



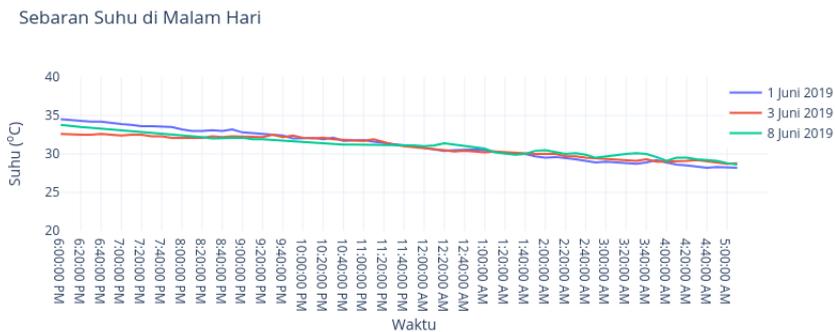
(b)

**Gambar 2. Sebaran PM 2.5 dan PM 10 (a) siang hari, (b) malam hari**

Sebaran PM 2.5 dan PM 10 pada malam hari cenderung lebih tinggi dibandingkan siang hari, meskipun lalu lintas di malam hari cenderung lebih rendah dibandingkan kepadatan lalu lintas di siang hari, menurut (Manning et al. 2018) rata – rata harian partikulat di dunia cenderung lebih tinggi di tengah malam, hal ini disebabkan pengaruh lokasi bangunan sekitar, ketinggian lokasi dan pola cuaca di wilayah tersebut, termasuk suhu dan kelembaban. Suhu dan kelembaban mempunyai korelasi negatif terhadap PM 2.5 dan PM 10, hal ini disebabkan penurunan suhu di malam hari menurunkan difusi partikel sehingga meningkatkan konsentrasi PM 2.5 dan PM 10, kondensasi sebagai akibat kelembaban yang tinggi juga meningkatkan konsentrasi PM 2.5 dan PM 10 di malam hari (Hernandez et al. 2017). Sebaran suhu dan kelembaban harian di area pos security seperti terlihat pada gambar di bawah ini.



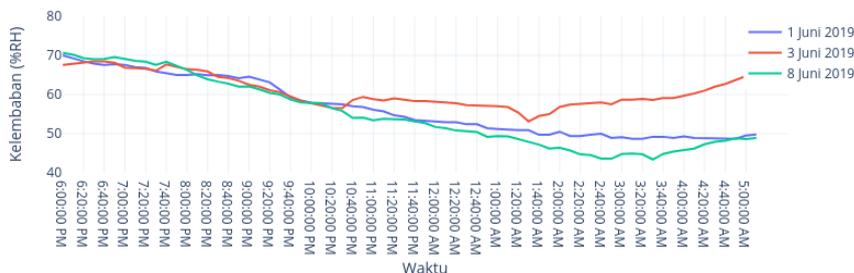
(a)



(b)

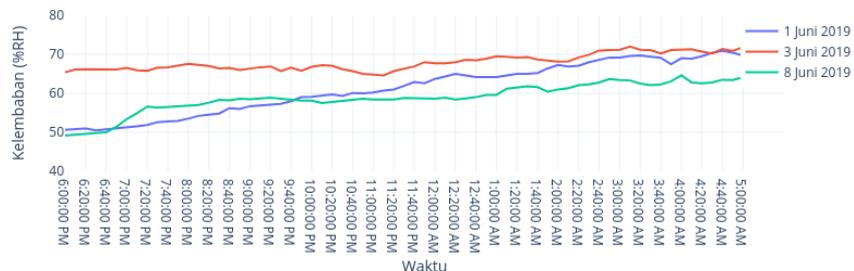
Gambar 3. Sebaran Suhu Tiap Pengukuran Data (a) Siang Hari (b) Malam Hari

Sebaran Kelembaban di Siang Hari



(a)

Sebaran Kelembaban di Malam Hari



(b)

Gambar 4. Sebaran Kelembaban Tiap Pengukuran Data (a) Siang Hari (b) Malam Hari

4. KESIMPULAN

Hasil pemantauan PM10 dan PM2.5 terlihat bahwa konsentrasi tertinggi berada di lokasi pos security dengan median PM10 adalah 66 µg/Nm<sup>3</sup> dan 51 µg/Nm<sup>3</sup> untuk PM2.5. Pada malam hari konsentrasi PM10 dan PM2.5 lebih tinggi bila dibandingkan dengan siang hari, hal ini dikarenakan pengaruh suhu dan kelembaban.

DAFTAR PUSTAKA

Bowe, Benjamin et al. 2017. "Particulate Matter Air Pollution and the Risk of Incident CKD and Progression to ESRD." : 1–13.

Burns, J et al. 2014. "Interventions to Reduce Ambient Particulate Matter Air Pollution and Their Effect on Health ( Protocol )." (1).

Chithra, V S, and S M Shiva Nagendra. 2013. "Chemical and Morphological Characteristics of Indoor and Outdoor Particulate Matter in an Urban Environment." *Atmospheric Environment* 77: 579–87.

Hernandez, German, Terri-Ann Berry, Shannon Wallis, and David Poyner. 2017. *Temperature and Humidity Effects on Particulate Matter Concentrations in a Sub-Tropical Climate during Winter.*

- Hieu, Nguyen Thi, and Byeong-kyu Lee. 2010. "Characteristics of Particulate Matter and Metals in the Ambient Air from a Residential Area in the Largest Industrial City in Korea." *Atmospheric Research* 98(2–4): 526–37.
- Hime, Neil J, Guy B Marks, and Christine T Cowie. 2006. "A Comparison of the Health Effects of Ambient Particulate Matter Air Pollution from Five Emission Sources." : 1–24.
- Liu, Hai-ying, Philipp Schneider, Rolf Haugen, and Matthias Vogt. 2019. "Performance Assessment of a Low-Cost PM 2.5 Sensor for a near Four-Month Period in Oslo, Norway.": 1–19.
- Manning, Max I. et al. 2018. "Diurnal Patterns in Global Fine Particulate Matter Concentration." *Environmental Science & Technology Letters* 5(11): 687–91. <http://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.estlett.8b00573> (June 25, 2019).
- Mukherjee, Arideep, and Madhoolika Agrawal. 2017. "World Air Particulate Matter: Sources, Distribution and Health Effects." *Environmental Chemistry Letters*.
- Mukhtar, R et al. 2012. "Komponen Kimia PM2.5 Dan PM10 Di Udara AMbien Di Serpong - Tangerang." (71): 2–8.
- Rosalia, Ony et al. 1999. "Karakteristik Risiko Kesehatan Non Karsinogen Pada Remaja Siswa Characteristic of Health Risks on Students Due to Dust Inhalation." 5: 26–35.
- Wu, Weidong, Yuefei Jin, and Chris Carlsten. 2019. "Clinical Reviews in Allergy and Immunology Inflammatory Health Effects of Indoor and Outdoor Particulate Matter." *The Journal of Allergy and Clinical Immunology* 141(3): 833–44.