

Pemetaan *Particulate Matter* (PM_{10}) di Kawasan Bundaran Taman Pelangi Kota Surabaya

Zakaria Amrizarl ^{1,*}, Ida Munfarida ², Amrullah ³

¹²³Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan
Ampel Surabaya, Indonesia

*H75217049@uinsby.ac.id

Abstract

Air pollution is an annual problem that occur in every city. Surabaya is one of the cities with a fairly dense population so it is directly proportional to the number of motor vehicles used. Motor vehicles and industrial areas were located in Surabaya may contributes pollution in the air causing low in air quality. Air quality is associated with pollution. To ascertain the levels of contamination, the air pollution is calculated according to the Standard Index of Air Pollution. One of the monitoring parameters used is Particulate matter (PM_{10}). PM_{10} is a primary pollutant that emits directly into the air which has serious impacts on health and the environment. This research was conducted in Traffic Ring Taman Pelangi Surabaya for 3 days with an interval of weekdays and weekend with time intervals in the morning, afternoon and evening. Analysis of concentration data was calculated using the HVAS with the gravimetric method and mapped using the ArcGIS program. The results of the study showed that the highest concentration was at the sampling location point 6 with a value of PM_{10} was $110.71 \mu\text{g}/\text{m}^3$, and the lowest was at the sampling location point 1 with a value of PM_{10} was $50.15 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Keywords: *Air Pollution, Partulate matter (PM_{10}), Standard Quality, Traffic ring Taman Pelangi Surabaya.*

Abstrak

Masalah pencemaran udara merupakan persoalan tahunan yang terus terjadi di setiap kota. Kota Surabaya adalah salah satu kota dengan jumlah penduduk yang cukup padat sehingga berbanding lurus dengan jumlah kendaraan bermotor yang digunakan. Kendaraan bermotor serta kawasan perindustrian yang berada di Surabaya dapat menyumbang polutan di udara sehingga dapat menyebabkan rendahnya kualitas udara. Kualitas udara berkaitan dengan pencemaran. Untuk mengetahui tingkat kadar pencemaran udara, pengukuran kualitas udara mengacu pada indeks standar parameter pencemaran udara (ISPU). Parameter pemantauan yang digunakan salah satunya adalah Particulate matter (PM_{10}). PM_{10} merupakan pencemar primer yang teremisi langsung ke udara yang berdampak serius bagi kesehatan dan lingkungan. Penelitian ini dilakukan di kawasan Bundaran Taman Pelangi Surabaya selama 3 hari dengan selang waktu hari kerja dan hari libur dengan interval waktu pada pagi, siang dan sore hari. Analisis data konsentrasi dihitung menggunakan alat HVAS dengan metode gravimetri serta dipetakan menggunakan program ArcGIS. Hasil studi menunjukkan konsentrasi tertinggi pada titik lokasi sampling 6 dengan nilai PM_{10} sebesar $110.71 \mu\text{g}/\text{m}^3$, dan terendah pada titik lokasi sampling 1 dengan PM_{10} sebesar $50.15 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Kata Kunci: *Baku Mutu, Bundaran Taman Pelangi Surabaya, Particulate matter (PM_{10}), Polusi Udara.*

1. PENDAHULUAN

Pencemaran udara merupakan masalah lingkungan yang selalu terjadi pada setiap wilayah. Terjadinya pencemaran udara ini sebagai akibat dari perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, kebakaran hutan dan setiap kegiatan yang bersumber dari antropogenik (aktivitas manusia) (Abidin & Hasibuan, 2019). Seiring meningkatnya aktivitas manusia berdampak pula pada peningkatan teknologi pada sektor industri dan transportasi seperti makin banyaknya

kendaraan bermotor yang setiap harinya menyumbangkan polutan. Hal ini berdampak positif pada perekonomian namun berdampak negatif pada lingkungan karena adanya pencemaran udara akibat emisi gas karbon yang dihasilkan (Masito, 2018). Dewasa ini udara yang terdapat di bumi mengalami penurunan kualitas udara yang membuatnya tercemar. Udara yang tercemar adalah kondisi dimana terdapat berbagai kombinasi zat pencemar yang masuk ke dalam atmosfer bumi yang disebabkan oleh kegiatan manusia

sehingga menimbulkan berbagai macam gangguan kesehatan serta ekosistem (Ismiyati dkk, 2014 dan Kurniawan, 2017).

Udara dalam atmosfer ini merupakan campuran dari berbagai macam gas yang bervariasi bergantung pada suhu, tekanan dan lapisan yang mengelilingi bumi. Oksigen merupakan komponen terpenting dalam udara sebagai sumber kehidupan manusia. Namun keberadaannya di atmosfer bersama dengan nitrogen, karbondioksida, bahkan logam dan senyawa lain dengan berbagai reaksi kompleks yang terjadi di udara yang meliputi reaksi kimia, fisika, biologi dan proses lain yang terjadi menyebabkan kualitas udara berubah (Tölgyessy, 1993). Pencemaran udara adalah masuknya komponen zat pencemar kedalam udara yang melampaui baku mutu udara yang telah ditetapkan (Cahyono, 2011).

Particulate Matter (PM₁₀) merupakan bahan pencemar primer yang beremisi langsung ke udara yang tersusun oleh partikel-partikel halus berukuran kecil yakni 2,5 mm – 10 mm dengan berbagai variasi bentuk, ukuran, maupun bahan kimia terkandung (Gunawan dkk, 2018). *Particulate matter* dapat masuk ke dalam tubuh manusia melalui inhalasi karena partikulat ini bersifat *respirable* hingga dapat masuk ke organ tubuh menyebabkan berbagai problem kesehatan, penyakit jantung hingga kematian (Hamanaka & Mutlu, 2018). Pada umumnya *particulate matter* (PM₁₀) terbagi menjadi dua jenis yakni partikel halus (*fine particle*) dan partikel kasar (*coarse particle*) (Gunawan dkk, 2018). Berdasarkan pembentukan dan ukurannya terbagi menjadi 6 macam yaitu : 1) debu/*dust*, 2) uap/*fumes*, 3) kabut/*mist*, 4) kabut tebal/*fog*, 5) abu terbang/*fly ash*, 6) uap/*spray* (Sari, 2019). Sumber dari *particulate matter* (PM₁₀) terbagi menjadi dua yakni biogenik (alami) yang berasal dari jamur, bakteri, virus, *yeast* dan serbuk sari; dan antropogenik (buatan) timbul akibat adanya proses yang menghasilkan partikulat yang berasal dari aktivitas manusia seperti kegiatan perindustrian, emisi gas kendaraan bermotor serta hasil proses pembakaran (Salim dan Aunurohim, 2013). Sehingga sektor transportasi merupakan penyumbang penting dalam emisi *particulate matter* (PM₁₀). Salah satu jalur padat transportasi di Surabaya adalah Bundaran Taman Pelangi Surabaya.

Akses utama bagi pengendara kendaraan bermotor di Surabaya salah satunya adalah bundaran Taman Pelangi Surabaya, menurut

data Sipanja Dinas Perhubungan Provinsi Jawa Timur lokasi bundaran ini terletak di Jl. A. Yani Kecamatan Gayungan Surabaya. Secara administratif, kawasan ini terletak berdekatan dengan kantor-kantor pusat Provinsi Jawa Timur antara lain Dinas Pertanian dan Ketahanan Pangan, Perum Bulog, Dinas Kesehatan, dan Polda. Akses jalan tersebut selain pegawai perkantoran terdapat pula aktivitas truk kontainer yang keluar-masuk menuju kawasan perindustrian SIER dari arah Sidoarjo maupun Surabaya. Merujuk pada laporan BLH Surabaya Tahun 2014 dalam Chrisdayanti dan Suharsono (2015), kandungan *Particulate Matter* (PM₁₀) adalah yang paling banyak dibandingkan dengan parameter lain. Berdasarkan hal ini peneliti melakukan sampling dengan tujuan untuk mengetahui nilai konsentrasi dan pemetaan *Particulate Matter* (PM₁₀) di lokasi kawasan Bundaran Taman Pelangi Surabaya.

2. METODE PENELITIAN

Waktu dan Lokasi Penelitian

Pengambilan sampel PM₁₀ dilakukan selama 60 menit menggunakan sistem *grab sampling* pada pagi, siang, dan sore hari selama 3 hari dengan variasi hari kerja dan hari libur dengan mengacu interval waktu menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 12 Tahun 2010. Pengambilan titik lokasi sampling ditentukan berdasarkan kurva aproksimasi dengan 3 titik berlokasi di kawasan Bundaran Taman Pelangi Surabaya, dan 3 lainnya pada kawasan pemukiman yang berseberangan dengan Bundaran Taman Pelangi Surabaya yakni wilayah Kelurahan Gayungan.

Prosedur Penelitian dan Analisis Data

Pengambilan data penentuan konsentrasi PM₁₀ dilakukan dengan menggunakan metode gravimetri. Perhitungan besaran konsentrasi menggunakan alat HVAS dengan metode gravimetri dengan persamaan berikut : Perhitungan volume udara yang terhisap oleh alat:

$$V = \frac{Qs1 + Qs2}{2} \times T \dots\dots\dots(1)$$

$$C = \frac{(w1-w2) \times 10^6}{V} \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan :

C = konsentrasi massa partikel tersuspensi (µg/m³)

W₁ = berat filter awal (g)

W₂ = berat filter akhir (g)

V = volume contoh uji udara (m³)

10⁶ = konversi g ke µg.

Perhitungan nilai ISPU (Indeks Standar Pencemaran Udara) dihitung menggunakan rumus berikut (Yunita & Kiswandono, 2017):

$$I = \frac{(Ia - Ib)}{(Xa - Xb)} (Xx - Xb) + Ib$$

Keterangan :

I = ISPU terhitung

Ia = ISPU batas atas

Ib = ISPU batas bawah

Xa = kadar ambien batas atas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Xb = kadar ambien batas bawah ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Xx = kadar ambien nyata hasil pengukuran ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Data konsentrasi PM_{10} yang telah didapatkan dianalisis dan dibandingkan dengan Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021, yang mana baku mutu konsentrasi PM_{10} sebesar $75 \text{ mg}/\text{Nm}^3$. Hasil yang telah didapat dipetakan dengan GIS (*Global Information System*) menggunakan aplikasi ArcGIS yang berupa gambar.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengukuran PM_{10}

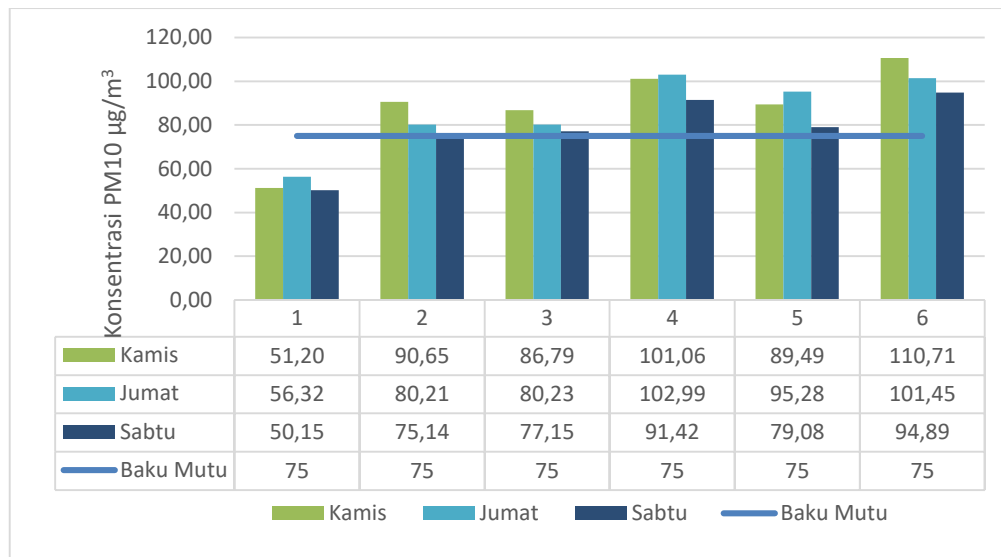
Hasil pengamatan dan pengukuran konsentrasi PM_{10} pada tiga interval yang dilakukan di 6 titik lokasi memiliki konsentrasi yang berbeda-beda terlihat pada Gambar 1. Berdasarkan hasil tersebut terlihat adanya fluktuasi konsentrasi PM_{10} di Bundaran Taman Pelangi Surabaya pada hari, titik lokasi, dan konsentrasi PM_{10} . Pada hari Kamis konsentrasi PM_{10} berada di kisaran $51.20 \text{ } \mu\text{g}/\text{m}^3 - 110.71 \text{ } \mu\text{g}/\text{m}^3$ dengan konsentrasi tertinggi pada titik 6 dan terendah pada titik 1. Hari Jumat terdapat fluktuasi konsentrasi pada kisaran $56.32 \text{ } \mu\text{g}/\text{m}^3 - 102.99 \text{ } \mu\text{g}/\text{m}^3$, dengan konsentrasi tertinggi di titik 5 dan terendah pada titik 1. Pada hari Sabtu fluktuasi konsentrasi berada pada kisaran $50.15 \text{ } \mu\text{g}/\text{m}^3 - 94.89 \text{ } \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Secara keseluruhan rata-rata konsentrasi tertinggi yakni pada titik lokasi 6 sedangkan terendah pada titik lokasi 1. Hal ini dikarenakan pada titik lokasi 6 merupakan kawasan pemukiman yang berdekatan dengan jalan raya dan memiliki aktivitas transportasi

cukup padat. Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Razif & Prasasti (2006) menyimpulkan bahwa konsentrasi PM_{10} berkorelasi dengan kendaraan yang melintas, semakin tinggi nilai konsentrasi PM_{10} maka semakin besar volume kendaraan yang melintas. Sedangkan titik lokasi 1 merupakan kawasan terbuka hijau karena pencemaran udara dapat tereduksi dengan adanya pepohonan serta tanaman hias seperti tanaman angsana, Ki Hujan, Akasia, Tanjung, Kersen, Ketapang, dan Dadap Merah (Salim dan Aunurohim, 2013).

Hasil nilai konsentrasi PM_{10} terdapat fluktuasi setiap harinya menandakan jumlah kendaraan yang melintas juga berfluktuasi setiap harinya, pada hari Sabtu memiliki nilai konsentrasi PM_{10} yang lebih rendah berkisar antara $50.15 \text{ } \mu\text{g}/\text{m}^3 - 94.89 \text{ } \mu\text{g}/\text{m}^3$. Diduga hal ini dikarenakan jumlah kendaraan yang melintas di Bundaran Taman Pelangi Surabaya saat itu rendah. Penelitian terdahulu menyebutkan bahwa terdapat hubungan positif yang signifikan antara jumlah lalu lintas dan tingkat materi partikulat (Alnawaiseh dkk, 2012).

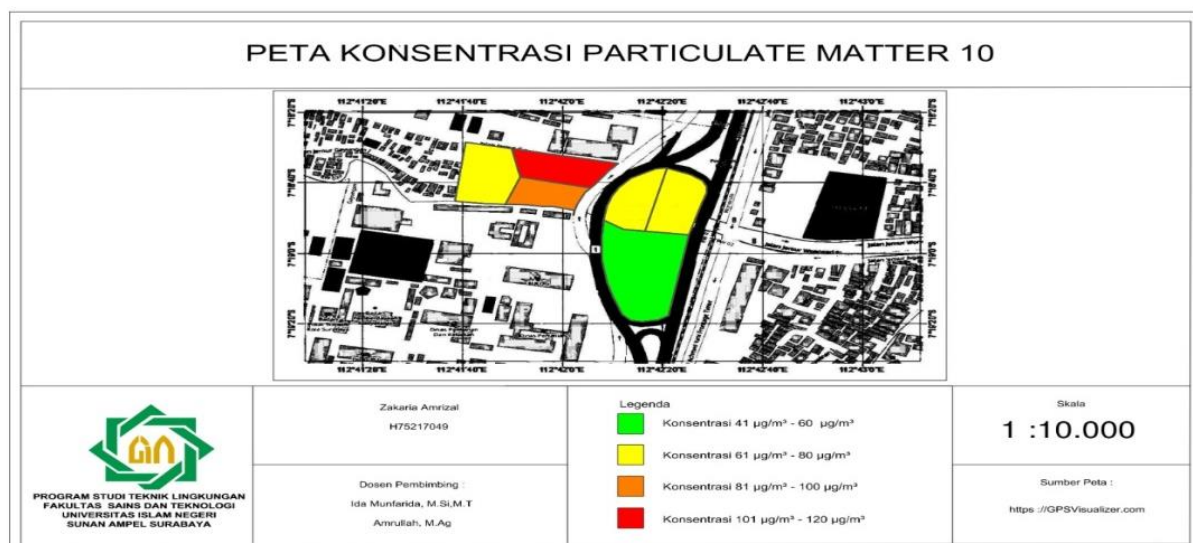
Bundaran Taman Pelangi Surabaya sebagian besar nilai konsentrasi PM_{10} melewati batas baku mutu yang telah ditetapkan menurut PP No. 22/2021 sebesar $75 \text{ } \mu\text{g}/\text{m}^3$ yakni pada titik lokasi 2 – 6, sedangkan titik lokasi 1 masih dalam standar baik dengan nilai konsentrasi dibawah $75 \text{ } \mu\text{g}/\text{m}^3$. Kandungan konsentrasi nilai PM_{10} dalam uadara ambien yang tinggi melebihi batas berdampak secara langsung kepada lingkungan seperti terhambatnya proses fotosintesis pada tumbuhan (Gheorghe & Ion, 2011) dan adanya gangguan pernapasan pada manusia (Reinmuth-Selzle dkk, 2017). Lama waktu kontak manusia dengan PM_{10} dipengaruhi oleh jenis partikulat dan konsentrasi polutan yang beredar sehingga mempengaruhi dampak yang ditimbulkan termasuk rendah atau serius dalam waktu singkat (Agusnar dalam Sari & Fatkhurrahman, 2015).

Gambar 1. Evaluasi konsentrasi PM₁₀ dengan Baku Mutu Udara Ambien Nasional

Efek kesehatan dari paparan PM₁₀ dalam waktu singkat dapat mempengaruhi reaksi radang paru-paru, PA (infeksi saluran pernapasan), gangguan pada sistem kardiovaskuler, meningkatnya perawatan gawat darurat, peningkatan penggunaan obat, bahkan kematian (WHO dalam Mursinto dan Kusumawardhani, 2016).

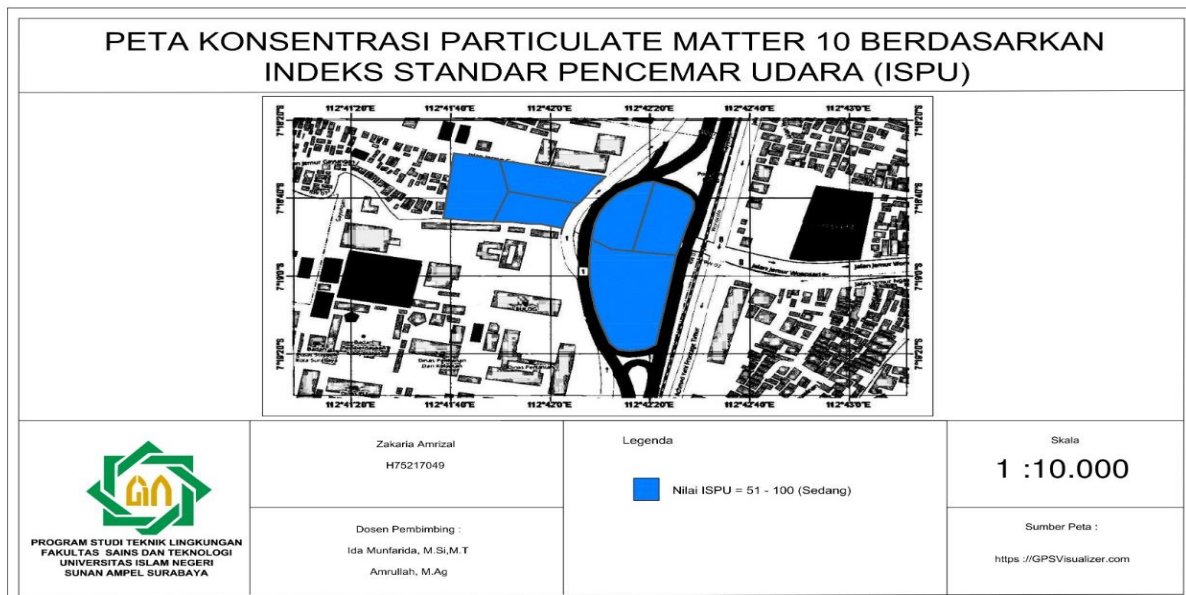
Pemetaan Konsentrasi Particulate Matter 10.

Hasil pemetaan konsentrasi PM₁₀ pada tiap titik lokasi bertujuan untuk mengetahui tingkat konsentrasi di tiap titik lokasi berdasarkan nilai konsentrasi yang dihasilkan.

Gambar 2. Peta Konsentrasi PM₁₀

Gambar 2 merupakan hasil pemetaan dari pemetaan konsentrasi PM₁₀ yang terlihat beberapa warna indikator yang bertujuan untuk memudahkan pembacaan informasi titik lokasi dengan warna merah, orange, kuning, dan hijau. Warna merah berarti memiliki konsentrasi nilai PM₁₀ yang tinggi terdapat pada lokasi sampling di titik lokasi 6 yang

bernilai 102.3 µg/m³. Warna orange dengan konsentrasi sedikit lebih rendah terdapat pada titik lokasi sampling 5 dengan nilai PM₁₀ = 98.5 µg/m³; indikator warna kuning yang terdapat pada titik lokasi sampling 2, 3 dan 5 dengan masing-masing konsentrasi PM₁₀ sebesar 82 µg/m³; 81.3 µg/m³; dan 87.9 µg/m³.



Gambar 3. Peta Konsentrasi **PM₁₀** berdasarkan ISPU

Gambar 3 adalah hasil pemetaan nilai konsentrasi PM_{10} berdasarkan Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU). Nilai dari perhitungan ISPU digunakan untuk mengelompokkan kondisi kualitas udara di suatu wilayah, dengan kualifikasinya didasarkan pada nilai baku mutu ISPU dari parameter pecemar (Kurniawan, 2017). Nilai ISPU berkisar antara 51 – 100, berdasarkan hasil peta tersebut di kawasan Bundaran Taman Pelangi Surabaya di keenam titik sampling memiliki indikator warna yang sama yakni warna biru, dengan demikian dapat diartikan termasuk kedalam kategori pencemaran udara dengan tingkat sedang. Nilai ISPU dengan kategori sedang memiliki tingkat kualitas udara yang masih dapat diterima bagi kesehatan manusia, hewan, tumbuhan dan lingkungan namun paparan terus-menerus setiap harinya dalam kisaran ini dapat menimbulkan dampak kesehatan akut maupun kronis. Dengan demikian masyarakat sekitar masih bisa melakukan aktivitasnya diluar ruangan, namun untuk kelompok yang sensitif perlu mengurangi aktivitas fisik di luar ruangan yang terlalu berat dan dalam jangka waktu yang lama, serta penggunaan masker sangat dianjurkan untuk menghalangi debu atau partikel-partikel yang dapat masuk melalui rongga hidung. Gambar 4 terbagi menjadi 2 indikator warna yang mengacu pada Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup dengan melakukan pengukuran selama 24 jam baku mutu udara ambien sebesar $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$, dimana

warna merah merupakan kawasan dengan baku mutu udara lebih dari $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sedangkan indikator warna hijau memiliki nilai baku mutu udara dibawah $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Nilai konsentrasi PM_{10} yang dibawah baku mutu kemungkinan disebabkan oleh kepadatan jumlah kendaraan yang berkurang atau terdapat tumbuhan yang dapat menangkap partikel oleh daun, cabang dan ranting yang memiliki permukaan daun lebar, rimbun, dengan ranting dan cabang yang banyak secara intensif memiliki kemampuan yang baik dalam menangkap partikel (Hesaki dalam Salim, 2014).

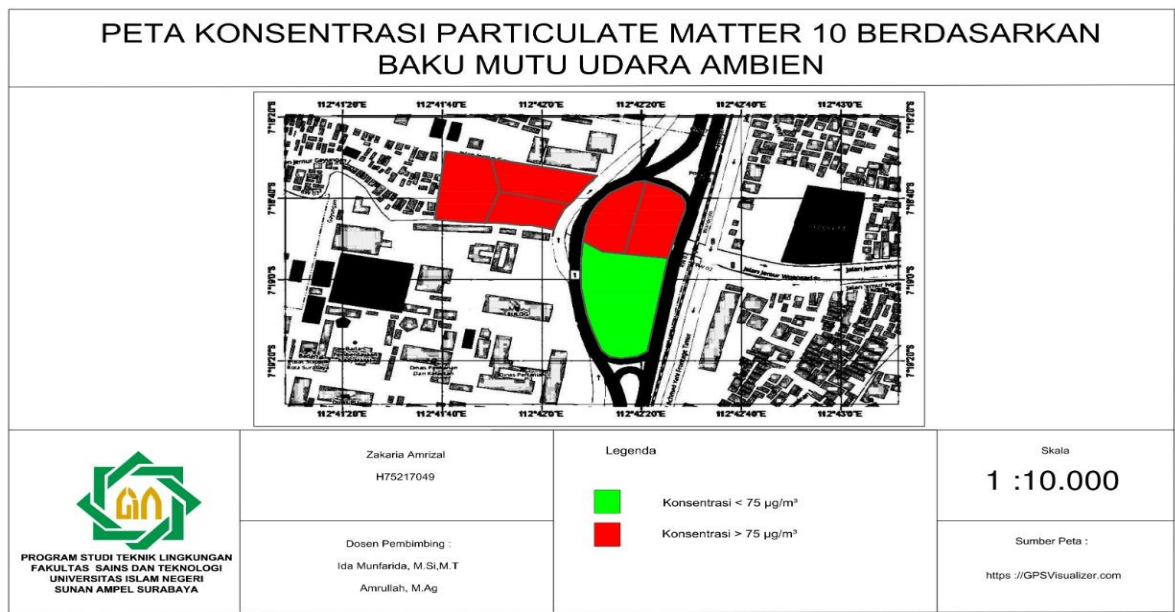
Sistem pemantauan lingkungan global memperkirakan lebih dari 70% penduduk kota di dunia hidup berdampingan dengan partikel di udara melebihi ambang batas yang telah ditetapkan oleh WHO. Partikulat-partikulat tersebut sebagian besar keluar dari cerobong asap pabrik yang tebal dan pekat, namun yang lebih berbahaya adalah partikel-partikel halus yang berukuran sangat kecil yang dapat menembus organ paru-paru (Hamanaka & Mutlu, 2018). Selain dari cerobong asap pabrik, partikulat yang diakibatkan dari penggunaan kendaraan bermotor juga berukuran sangat kecil dan halus yang dapat membahayakan kesehatan.

Peningkatan konsentrasi PM_{10} tidak hanya dikarenakan gas buangan kendaraan bermotor, namun juga terdapat pengaruh dari suhu. Suhu udara yang tinggi dapat mempercepat proses perubahan gas atau zat pencemar di udara, sehingga jika suhu udara semakin tinggi maka partikel-partikel tersebut akan menjadi

semakin kering dan lebih ringan yang mengakibatkan partikel tersebut lebih cepat reaktif dan bertahan lama di udara (Oktaviani & Prasasti, 2015). Suhu udara yang tinggi mengakibatkan kelembaban udara juga meningkat yang menyebabkan pencemar udara bereaksi dengan uap air di udara yang menjadi zat lain dan konsentrasi partikel menjadi tinggi pula (Tibbetts, 2015).

Selain faktor suhu, faktor cuaca juga mempengaruhi penyebaran dari partikulat

karena terjadi fluktuasi kondisi meteorologi yang bermacam-macam dapat mempengaruhi tingkat dispersi zat pencemar ke atmosfer (Noel de Nevers, 2000). Kepadatan penduduk, topografi, banyaknya industri yang berada di daerah tersebut serta kepadatan transportasi mempengaruhi pencemaran udara (Kusuma dkk, 2019).



Gambar 4. Peta Konsentrasi PM₁₀ berdasarkan Baku Mutu Udara Ambien

4. KESIMPULAN

Penelitian ini telah mengukur konsentrasi PM₁₀ dan memetakan konsentrasinya berdasarkan baku mutu dan ISPU. Nilai konsentrasi PM₁₀ pada Bundaran Taman Pelangi Surabaya memiliki nilai yang berfluktuasi setiap harinya yakni berkisar antara 50.15 – 110.71 µg/m³, dengan konsentrasi tertinggi terdapat pada titik lokasi 4 di hari jumat dengan nilai PM₁₀ sebesar 102.99 µg/m³ dan pada titik 6 di hari kamis dengan nilai PM₁₀ sebesar 110.71 µg/m³. nilai konsentrasi terendah pada titik lokasi 1 di hari sabtu dengan nilai PM₁₀ sebesar 50.15 µg/m³. Nilai PM₁₀ telah berhasil dipetakan di Kawasan Bundaran Taman Pelangi mengindikasikan bagian Kawasan utara melebihi baku mutu dan bagian selatan masih memenuhi baku mutu udara ambien berdasarkan PP No. 22 Tahun 2021.

5. DAFTAR PUSTAKA

Abidin, J., & Hasibuan, F. A. 2019. *Pengaruh Dampak Pencemaran*

Udara Terhadap Kesehatan untuk Menambah Pemahaman Masyarakat Awam Tentang Bahaya dari Polusi Udara. Dalam *Prosiding Seminar Nasional Fisika Universitas Riau IV (SNFUR-4)*. Pekanbaru: Universitas Riau.

Alnawaiseh, N., Nashim, J. & MD Isa, Z. (2012). Relationship Between Vehicle Count and Particulate Air Pollution in Amman, Jordan. *Asia-Pacific Journal of Public Health*, 27(2), 1743-1750. DOI: 10.1177/1010539512455046.

Cahyono, W.E. (2011). Kajian Tingkat Pencemaran Sulfur Dioksida Dari Industri Di Beberapa Daerah Di Indonesia. *Berita Dirgantara*, 14(4), 132-137.

Chrisdayanti, B. & Suharsono, A. (2015). Peramalan Kandungan Particulate Matter (PM₁₀) dalam Udara Ambien

- Kota Surabaya Menggunakan Double Seasonal ARIMA (DSARIMA). *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 4(2), 2337-3520. DOI: 10.12962/j23373520.v4i2.10961.
- De Nevers, N. (2000). *Air Pollution Control Engineering* (83-107). New York: McGraw-Hill.
- Gheorghe, I.F. & Ion, B. (2011). The Effects of Air Pollutants on Vegetation and the Role of Vegetation in Reducing Atmospheric Pollution. In Khalaf, M.K (Ed.), *The Impact of Air Pollution on Health, Economy, Environment and Agricultural Sources* (1-4). United Kingdom: IntechOpen.
- Gunawan, H., Ruslinda, Y., Bachtiar, V. S., & Dwinta, A. 2018. *Model Hubungan Konsentrasi Particulate Matter 10 (PM10) Di Udara Ambien Dengan Karakteristik Lalu Lintas Di Jaringan Jalan Primer Kota Padang*. Dalam *Prosiding SEMNASTEK*. Jakarta: Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah.
- Hamanaka, R. B., & Mutlu, G.M. (2018). Particulate Matter Air Pollution: Effects on the Cardiovascular System. *Front Endocrinol (Lausanne)*, 9 (680)1-4, DOI: 10.3389/fendo.2018.00680.
- Ismiyati, Marlita, D., & Saidah, D. (2014). Pencemaran Udara Akibat Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor. *Jurnal Manajemen Transportasi & Logistik (JMTransLog)*, 01 (03), 241-249. DOI: <http://dx.doi.org/10.25292/j.mtl.v1i3.23>.
- Kurniawan, A. (2017). Pengukuran Parameter Kualitas Udara (CO, NO₂, SO₂, O₃, dan PM₁₀) di Bukit Kototabang Berbasis ISPU. *Jurnal Teknosains*, 7(1), 1-82. DOI: <https://doi.org/10.22146/teknosains.34658>
- Kusuma, W.L., Chih-Da, W., Yu-Ting, Z., Hapsari, H.H. & Muhamad, J.L. (2019). PM_{2.5} Pollutant in Asia—A Comparison of Metropolis Cities in Indonesia and Taiwan. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(4924), 1-12, DOI:10.3390/ijerph16244924.
- Masito, A. (2018). Analisis Risiko Kualitas Udara Ambien (NO₂ dan SO₂) dan Gangguan Pernapasan pada Masyarakat di Wilayah Kalianak Surabaya. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 10(4), 394-401. DOI: <http://dx.doi.org/10.20473/jkl.v10i4.2018.394-401>.
- Mursinto, D. & Kusumawardani, D. (2016). Estimasi Dampak Ekonomi Dari Pencemaran Udara Terhadap Kesehatan Di Indonesia. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 11(2), 163-172. DOI: <http://dx.doi.org/10.15294/>.
- Oktaviani, D. A., & Prasasti, C. I. (2015). Kualitas Fisik dan Kimia Udara, Karakteristik Pekerja, Serta Keluhan Pernapasan pada Pekerja Percetakan di Surabaya. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 8(2), 195-205.
- Pemerintah Republik Indonesia. *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 12 Tahun 2010 Tentang Pelaksanaan Pengendalian Pencemaran Udara di Daerah Menteri Negara Lingkungan Hidup*.
- Pemerintah Republik Indonesia. *Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup*
- Razif, M & Prasasti, S. I., (2006). Pemetaan Tingkat Konsentrasi Partikulat Akibat Aktivitas Transportasi di Wilayah Surabaya Pusat. *Jurnal Purifikasi*, 7(1), 13-18. DOI: <https://doi.org/10.12962/j25983806.v7.i1.232>.
- Reinmuth-Selzle, K., Kampf, C. J., Lucas, K., Lang-Yona, N., Fröhlich-Nowoisky, J., Shiraiwa, M., Lakey, P., Lai, S., Liu, F., Kunert, A. T., Ziegler, K., Shen, F., Sgarbanti, R., Weber, B., Bellinghausen, I., Saloga, J., Weller,

- M. G., Duschl, A., Schuppan, D., & Pöschl, U. (2017). Air Pollution and Climate Change Effects on Allergies in the Anthropocene: Abundance, Interaction, and Modification of Allergens and Adjuvants. *Environmental science & technology*, 51(8), 4119–4141. DOI:https://doi.org/10.1021/acs.est.6b04908.
- Salim. 2014. Pemetaan Konsentrasi Particulate Matter 10 μM (PM10) dan Penentuan Nilai Air Pollution Tolerance Index (APTI) pada Tanaman Angsana (*Pterocarpus indicus* willd.) Di Jalan Raya ITS. *Tugas Akhir*, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Salim dan Aunurohim (2013). Pemetaan Konsentrasi Particulate Matter 10 μm (PM₁₀) Dan Penentuan Nilai Air Pollution Tolerance Index (APTI) Pada Tanaman Angsana (*Pterocarpus indicus* Willd) Di Jalan Raya ITS. *Jurnal Sains dan Seni Pomits*, 2(1), 1-6.
- Sari, I. R. J. & Fatkhurrahman, J. A. (2015). Inventori Pencemaran Udara Parameter Non Methane Hidrokarbon (NMHC) Di Kabupaten / Kota Propinsi Jawa Tengah. *Jurnal Riset Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri*, 6(2), 59-66.
- Sari, W. R. 2019. Evaluasi Kualitas Particulate Matter 10 (PM10) Dan Faktor Yang Berhubungan Di Kampus Uin Sunan Ampel Surabaya. *Tugas Akhir*, Program Studi Teknik Lingkungan, UIN Sunan Ampel Surabaya.
- Tibbetts J. H. (2015). Air quality and climate change: a delicate balance. *Environmental health perspectives*, 123(6), A148–A153. DOI: https://doi.org/10.1289/ehp.123-A148.
- Tölgyessy, J. (1993). Chemistry of air. In Tölgyessy, J (Ed.), *Studies in Environmental Science* (441-603). Amsterdam: Elsevier.
- Yunita, R. D., & Kiswandono, A. . (2017). Kajian Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) Sulfur Dioksida (SO₂) sebagai Polutan Udara pada Tiga Lokasi di Kota Bandar Lampung. *Analit : Aanalytical and Environtmental Chemistry*, 2(1), 1–11.