

# Analisis Sebaran Emisi *Total Suspended Particulate* Menggunakan Software Aermod di Jalan Raya Tandes

Aditya Rizky Dwicahya<sup>1</sup>, Okik Hendriyanto Cahyonugroho<sup>2\*</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur  
\*Koresponden email: okikhc@upnjatim.ac.id

Diterima: 19 Juni 2024

Disetujui: 30 Juni 2024

## Abstract

Increased transportation activities in this city cause air pollutant emissions, one of which is Total Suspended Particulate (TSP), which has an impact on air quality. This study aims to measure TSP concentration and map its distribution. Data on TSP concentration, air temperature, wind speed, and air humidity were collected using instruments such as High Volume Air Sampler (HVAS), hygrometer, and anemometer. TSP concentrations were modeled with AERMOD based on the obtained data and associated meteorological conditions. The results showed that TSP concentrations varied significantly depending on traffic volume and weather, with the highest concentration of 184.8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  at point 1 on the first day and the lowest of 9.7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  at point 5 on the second day. The distribution of TSP tended to the Southeast, West, and North according to the AERMOD model. Questionnaire results in the sampling areas show that there are still people who are not aware of the impact of TSP pollutants. The conclusion of this study is the presence of TSP pollutants on Tandes Highway, which is influenced by meteorological factors and traffic volume.

**Keywords:** *total suspended particulate (tsp), aermod model, air quality measurement*

## Abstrak

Peningkatan aktivitas transportasi di kota ini menyebabkan emisi pencemar udara, salah satunya Total Suspended Particulate (TSP), yang berdampak pada kualitas udara. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur konsentrasi TSP dan memetakan sebarannya. Data mengenai konsentrasi TSP, suhu udara, kecepatan angin, dan kelembaban udara dikumpulkan menggunakan instrumen seperti HVAS, hygrometer, dan anemometer. Konsentrasi TSP dimodelkan dengan AERMOD berdasarkan data yang diperoleh dan kondisi meteorologi terkait. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi TSP bervariasi signifikan bergantung pada volume lalu lintas dan cuaca, dengan konsentrasi tertinggi 184,8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  di titik 1 pada hari pertama dan terendah 9,7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  di titik 5 pada hari kedua. Sebaran TSP cenderung ke arah Tenggara, Barat, dan Utara menurut model AERMOD. Hasil kuesioner di daerah pengambilan sampel menunjukkan bahwa masih ada masyarakat yang belum menyadari dampak polutan TSP. Kesimpulan penelitian ini adalah adanya polutan TSP di Jalan Raya Tandes yang dipengaruhi oleh faktor meteorologi dan volume lalu lintas.

**Kata Kunci:** *total suspended particulate (tsp), model aermod, pengukuran kualitas udara*

## 1. Pendahuluan

Di kota-kota besar kualitas udara telah tercemar oleh berbagai macam polutan yang membahayakan bagi kesehatan manusia terutama di kota Surabaya. Perkembangan kepemilikan kendaraan bermotor pada masyarakat Indonesia terus mengalami peningkatan, termasuk salah satu akibat tercemarnya kualitas udara [1]. Emisi gas buang dari kendaraan bermotor disebabkan oleh pembakaran yang tidak sempurna dalam ruang pembakaran mesin bensin. Salah satu jenis zat pencemar yang dihasilkan ketika proses pembakaran bahan bakar yang mengandung senyawa timbal organik tidak berlangsung secara sempurna atau tidak terbakar sepenuhnya, serta partikel-partikel komponen ban dan rem kendaraan [2]. Emisi kendaraan bermotor bervariasi antara satu daerah dengan daerah lainnya karena perbedaan desain jalan dan kondisi lalu lintas [3]. Dampak polusi udara akibat lalu lintas telah banyak dilaporkan, dengan hubungan positif antara polusi lalu lintas dan penyakit katup jantung [4]. Paparan polusi udara terkait lalu lintas (TRAP) dapat meningkatkan risiko alergi rhinitis pada anak-anak berusia 2-4 tahun.

Di udara terdapat partikel yang melayang dengan diameter kurang dari 100 mikrometer, seperti debu dan asap, dikenal sebagai Total Suspended Particulate (TSP). TSP dapat dihasilkan dari konstruksi, proses pembakaran sampah, dan emisi kendaraan bermotor. [5]. Salah satu metode untuk memetakan sebaran TSP adalah dengan menggunakan pemodelan AERMOD. AERMOD adalah model dispersi kualitas udara yang dirancang dengan patuh terhadap aturan dan kemampuan untuk mengantisipasi penyebaran polutan udara dari berbagai sumber, termasuk sumber titik, area, dan sumber bergerak. [6]. Penelitian ini bertujuan untuk

menganalisis hubungan antara konsentrasi TSP dengan faktor meteorologi dan volume lalu lintas serta memetakan sebaran konsentrasi TSP di sekitar Jalan Raya Tandes menggunakan pemodelan AERMOD.

## 2. Metode Penelitian

### 2.1. Pencemaran Udara

Salah satu jenis pencemaran lingkungan adalah pencemaran udara, salah satu penyebabnya adalah manusia. Faktor akibat perbuatan manusia yang pada umumnya yaitu yang berasal dari sumber bergerak (kendaraan bermotor, kapal terbang, dll) dan sumber tidak bergerak yaitu kegiatan industri [7]. Pencemaran udara terjadi ketika zat pencemar masuk ke atmosfer, baik melalui proses alami maupun aktivitas manusia. Sumber alami pencemaran udara termasuk kebakaran hutan, debu akibat letusan gunung berapi, debu dari meteor, serta semprotan garam dari lautan. Sementara itu, sumber pencemaran udara yang berasal dari aktivitas manusia mencakup sektor transportasi, kegiatan industri, dan pembuangan sampah yang tidak tepat.

### 2.2. Total Suspended Particulate (TSP)

*Total Suspended Particulate* (TSP) merujuk pada partikel-partikel padat berukuran kurang dari 100  $\mu\text{m}$  yang terdiri dari debu, asap, dan uap di udara. Sumber utama emisi TSP antara lain berasal dari asap aktivitas konstruksi bangunan, gas buangan kendaraan bermotor, proses pembakaran, dan sumber-sumber lainnya [9]. Besarnya konsentrasi TSP (Total Suspended Particulate) yang dihasilkan dari sektor transportasi bergantung pada jenis kendaraannya [10]. Karakteristik fisik utama partikulat adalah ukuran dan distribusinya. Berdasarkan ukuran, partikulat umumnya dibagi menjadi dua kelompok: Partikulat halus (berukuran  $<2,5 \mu\text{m}$ ) dan partikulat kasar (berukuran  $>2,5 \mu\text{m}$ ) merupakan komponen utama dalam Total Suspended Particulate (TSP). TSP merupakan faktor penting yang menentukan kualitas udara bebas di sekitar kita. Apabila konsentrasi TSP melebihi ambang batas standar kualitas udara yang ditetapkan, hal tersebut dapat mengakibatkan berbagai dampak negatif yang serius, baik terhadap kesehatan manusia, perekonomian, maupun lingkungan hidup [11].

Sebagian besar pencemaran udara disebabkan oleh emisi dari sektor transportasi, dengan sekitar 60% polutan berupa karbon monoksida, sekitar 15% merupakan hidrokarbon, dan sisanya berupa partikulat. Polutan utama yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar kendaraan bermotor meliputi CO, NO<sub>x</sub>, dan lain- lain [12].

### 2.3. AERMOD View

AERMOD adalah model dispersi udara yang digunakan untuk menganalisis berbagai jenis polutan, termasuk Total Suspended Particles (TSP). AERMOD memodelkan dispersi TSP di atmosfer berdasarkan data meteorologi dan sumber emisi. Setelah semua data selesai diolah pada tahap sebelumnya, maka selanjutnya data diinputkan ke dalam Software AERMOD untuk menentukan sebaran dan konsentrasi emisi polutan partikel TSP (Total Solid Particulate). Untuk memulai sebuah project di software AERMOD View, maka dapat dilakukan dengan cara:

- a) Buka Software AERMOD View
- b) klik opsi New
- c) klik New Project Wizard
- d) Input nama Project
- e) membuat folder Project dan tempat lokasi penyimpanan folder
- f) Input Project Coordinate System
- g) Input Reference Point
- h) klik Finish

### 2.4. Baku Mutu Udara Ambien

Untuk mengevaluasi kualitas udara bebas, dapat dilakukan dengan mengukur konsentrasi parameter pencemar udara dan membandingkannya dengan standar baku mutu udara ambien nasional. Dalam penelitian ini menggunakan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, untuk parameter *Total Suspended Particulate* (TSP) sebesar 230  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

### 2.5. Metode Dan Alat Yang Digunakan

Penelitian ini dilakukan selama satu hari dalam dua minggu pada hari senin, untuk membandingkan kondisi pada hari kerja. Titik-titik sampling dipilih berdasarkan arah angin yang dianalisis dari data meteorologi BMKG menggunakan perangkat lunak WRPLOT dan AERMET View. Kecepatan angin diukur menggunakan anemometer. Pemodelan sebaran dan konsentrasi TSP (Total Solid Particulate) dianalisis menggunakan AERMOD View. Untuk pengumpulan sampel partikel, alat yang digunakan adalah

High Volume Air Sampler (HVAS) yang menyaring sejumlah besar udara atmosfer melalui filtrasi dengan pompa vakum berkapasitas tinggi yang dilengkapi dengan filter, sesuai dengan standar SNI 7119-3.2107.



**Gambar 1.** High Volume Air Sampler  
 Sumber : Google

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Hasil Pengukuran Konsentrasi Total Suspended Particulate (TSP)

Pengukuran data TSP di enam titik sampel di Jalan Raya Tandes Surabaya dilakukan selama dua hari, yaitu pada hari Senin, 27 November 2023, dan Senin, 4 Desember 2023, satu minggu kemudian. Pengambilan sampel dilakukan selama 24 jam di setiap titik sampel, sesuai dengan ketentuan yang terdapat dalam PERMEN LHK. No. 12 Tahun 2010 mengenai Implementasi Pengendalian Pencemaran Udara di daerah, pengukuran dilakukan menggunakan alat High Volume Air Sampler (HVAS). Berikut adalah hasil pengukuran konsentrasi TSP di Jalan Raya Tandes Surabaya yang disajikan dalam **Tabel 1**.

**Tabel 1.** Konsentrasi TSP di Jalan Raya Tandes Surabaya

Keterangan	Titik Sampling	Hasil Uji Udara Ambient	Baku Mutu Udara Ambient
Hari Ke 1 (27/11/2023)	1	184,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	230 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	2	37,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	230 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	3	56,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	230 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	4	91,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	230 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	5	11,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	230 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	6	126,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	230 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Hari Ke 2 (4/12/2023)	1	149,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	230 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	2	20,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	230 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	3	61,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	230 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	4	88,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	230 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	5	9,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	230 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	6	184,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	230 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

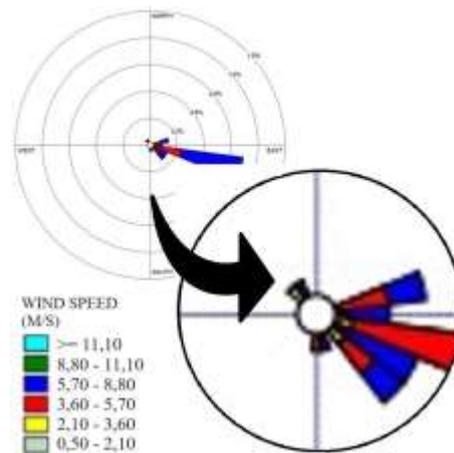
Sumber : Data Peneliti, 2024

Dalam penelitian ini, konsentrasi Total Suspended Particulate (TSP) mencapai titik tertinggi pada hari pertama di titik 1, mencapai 184,8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Hal ini disebabkan oleh kegiatan di sekitar titik tersebut, termasuk aktivitas SPBU Balongsari dan pasar yang ramai pada pagi hingga siang hari, serta kegiatan dagang penjual kaki lima di area tersebut pada malam hari. Sebaliknya, konsentrasi TSP terendah terjadi pada hari kedua di titik 5, hanya mencapai 9,7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Penurunan ini disebabkan oleh rendahnya lalu lintas kendaraan di jalan tersebut, yang merupakan akses alternatif dari area pergudangan.

Kandungan Total Suspended Particulate (TSP) dalam udara ambient seharusnya tidak melebihi 230  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  selama periode pengukuran 24 jam. Meskipun demikian, hasil pengukuran menunjukkan bahwa konsentrasi TSP di enam lokasi penelitian masih berada di bawah batas tersebut. Namun, rentang konsentrasi TSP yang ditemukan di lokasi sampling, antara 9,7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  hingga 184,8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , menunjukkan adanya TSP dalam udara ambient di sekitar wilayah studi. Praktik ini berpotensi memberikan dampak negatif terhadap kesehatan manusia [14].

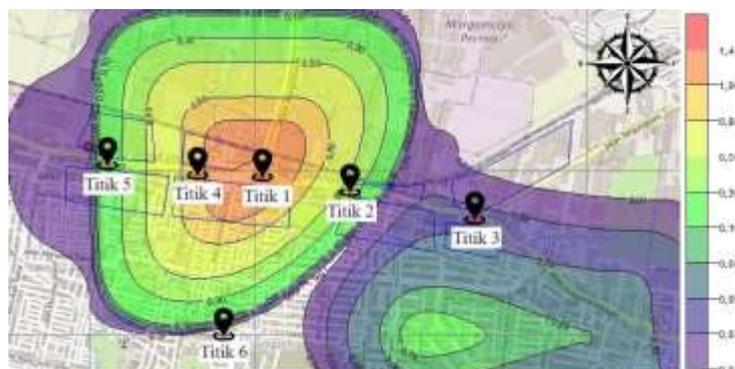
### 3.2 Analisa Sebaran Konsentrasi Total Suspended Particulate (TSP)

Pemodelan sebaran emisi polutan Total Suspended Particulate (TSP) selama periode 24 jam menggunakan model AERMOD disesuaikan dengan jadwal pengukuran sesuai ketentuan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 mengenai kebutuhan udara ambient. Proses ini melibatkan input data emisi dan arah angin. Informasi mengenai arah angin dalam penelitian ini diperoleh dari hasil pemodelan menggunakan Software AERMET berdasarkan data meteorologi dari BMKG Stasiun Perak selama satu tahun terakhir, yaitu tahun 2023. Hasil pemodelan menunjukkan dominasi angin dari arah Timur, dengan kecepatan berkisar antara 2,10 hingga 8,80 m/s.

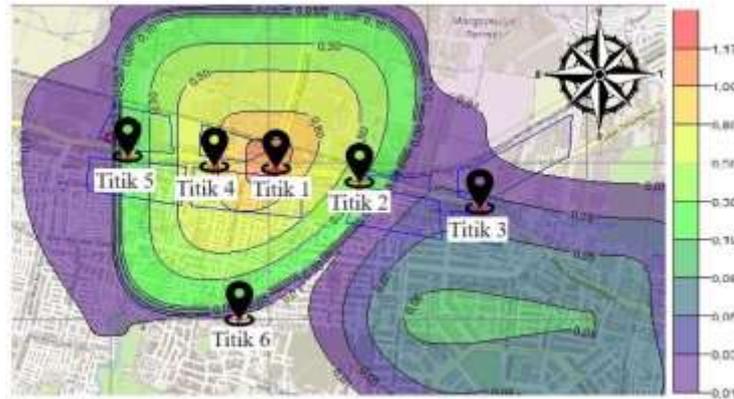


**Gambar 2.** Hasil Windrose Satu Tahun Terakhir  
 Sumber : Data Peneliti, 2024

Perubahan signifikan dalam pola angin dapat mengakibatkan perubahan dalam tingkat polusi udara di suatu kota [15]. Berdasarkan model kecepatan dan arah angin, simulasi sebaran pencemaran emisi Total Suspended Particulate (TSP) dilakukan menggunakan model AERMOD. Simulasi ini dilakukan dalam area domain 7,5 km x 7,5 km dengan ketinggian yang sesuai dengan tinggi rata-rata manusia, yaitu 1,7 m, untuk menampilkan sebaran emisi TSP selama periode 24 jam secara lebih jelas. Perbedaan konsentrasi, baik tinggi maupun rendah, ditampilkan dalam warna yang berbeda.



**Gambar 3.** Sebaran TSP Pada Hari Ke – 1 Pada Periode 24 Jam  
 Sumber : Data Peneliti, 2024



**Gambar 4.** Sebaran TSP Pada Hari Ke – 2 Pada Periode 24 Jam  
 Sumber : Data Peneliti, 2024

Berdasarkan temuan, secara umum, polutan TSP di Jalan Raya Tandes Surabaya menyebar lebih banyak ke arah Tenggara, Barat, dan Utara. Wilayah Selatan mengalami penyebaran yang lebih sedikit karena perbedaan kontur wilayah tersebut yang menghambat aliran angin ke arah barat. Dispersi tertinggi terjadi pada hari pertama dan kedua, masing-masing sebesar  $1,43 \mu\text{g}/\text{m}^3$  dan  $1,17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , sementara dispersi terendah adalah  $0,01 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pada kedua hari tersebut. Peran angin sangat signifikan dalam penyebaran polutan, di mana polutan akan mengikuti arah angin. Kecepatan angin di atas  $5 \text{ m/s}$  dianggap mengganggu untuk konsentrasi TSP, yang menyebabkan konsentrasi TSP meningkat hingga 4 kali lipat dari kondisi sebelumnya. Suhu udara di permukaan bumi dipengaruhi oleh banyak variabel, seperti intensitas penyinaran matahari, sudut matahari, karakteristik permukaan bumi, dan adanya awan, sehingga suhu udara yang diterima di berbagai lokasi dapat bervariasi karena distribusi sinar matahari yang tidak merata [16].

#### 4. Kesimpulan

Konsentrasi *Total Suspended Particulate* (TSP) di Jalan Raya Tandes Surabaya bervariasi antara  $9,7$  hingga  $184,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , masih berada di bawah ambang batas  $230 \mu\text{g}/\text{m}^3$  menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021. Faktor-faktor seperti kondisi meteorologi dan volume lalu lintas mempengaruhi konsentrasi TSP: suhu udara berhubungan langsung, sementara kecepatan angin dan kelembapan udara berkaitan secara terbalik, dan volume lalu lintas memiliki hubungan langsung dengan konsentrasi TSP. Meskipun begitu, sebaran konsentrasi TSP dalam periode 24 jam tetap memenuhi standar baku mutu, dengan arah sebaran yang dominan ke Tenggara, Barat, dan Utara.

#### 5. Ucapan Terima Kasih

Penulis ingin mengungkapkan rasa terima kasih kepada rekan-rekan dari Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur atas kontribusi wawasan dan keahlian yang sangat berharga dalam membantu penelitian ini.

#### 6. Referensi

- [1] Prilindatami, R. 2024. *Estimasi Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) di TPA Benowo Menggunakan Model LandGem* (Doctoral dissertation, UPN Veteran Jawa Timur).
- [2] Rochimawati, N., R., Yuwono., A., S., Saptomo, S., K., 2014. "Prediction and Modeling of Total Suspended Particulate Generation on Ultisol and Andisol Soil". *ARPN Journal of Science and Technology*. Vol. 4: 329-333.
- [3] Afsali, A., Rashid, M., Afzali, M., dan Younesi, V., 2017. Prediction of Air Pollutants Concentration from Multiple Sources Using AERMOD Coupled with WRF Prognostic Model. *J. Clean. Prod.*, 166:1216-1225.
- [4] Hao, S., Yuan, F., Pang, P., Yang, B., Jiang, X., Yan, A., 2021. Early childhood traffic-related air pollution and risk of allergic rhinitis at 2–4 years of age modification by family stress and male gender: a case-control study in Shenyang, China. *Environ. Health Prev. Med.* 26, 48.
- [5] Saptomo, S., K., dan Yuwono, A., S., 2014. "Pendugaan Bangkitan Konsentrasi Total Suspended Particulate".
- [6] Zou, B., Zhan, F., Wilson, J., dan Zeng, Y., 2010. Performance of AERMOD at Different Scales. *Simul. Model. Pract. Th.*, 18:612-623.

- 
- [7] Wardhana, W.A. 2010. Dampak Pencemaran Lingkungan. Cetakan keempat.
- [8] Prilila, G. F., Wardhana, I. W., & Sutrisno, E. 2016. Estimasi Sebaran dan Analisis Risiko TSP dan Pb di Terminal Bis Terhadap Kesehatan Pengguna Terminal. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 5(4), 1–12.
- [9] Tiara, V. L., Sutrisno, E., & Huboyo, H. S. 2016. Kajian Beban Emisi Pencemaran Udara (TSP, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, HC, CO) dan Gas Rumah Kaca (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O) Sektor Transportasi Darat Kota Yogyakarta dengan Metode Tier 1 dan Tier 2. *Teknik Lingkungan* No. 1, 5.
- [10] Oktaviani, E. 2018. Paparan Particulate Matter (PM<sub>10</sub>) dan Total Suspended Particulate (TSP) di Trotoar Beberapa Jalan Kota Surabaya. *Institut Teknologi Sepuluh Nopember*.
- [11] Zhou, X., L., 2010. “Discussion on Some Terms Used for Sand Dust Weather in the National Standard”. *Scientia Meteorologica Sinica*. Vol. 30 (2): 234-23.
- [12] Wiyandari, M., 2010. ”Hubungan Volume Kendaraan terhadap Konsentrasi Polutan NO<sub>x</sub> di Udara”. Universitas Indonesia, Depok..
- [13] Kurniawan, A. 2018. Pengukuran Parameter Kualitas Udara (CO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> DAN PM<sub>10</sub>) Di Bukit Kototabang Berbasis ISPU. *Jurnal Teknosains*,7(1), 1–82.
- [14] Wirosodarmo, R., Suharto, B. & Proborini, D. E. 2020. Analisis Pengaruh Jumlah Kendaraan Bermotor dan Kecepatan Angin terhadap Karbon Monoksida di Terminal Arjosari. *J. Sumberd. Alam dan lingkungan*. 7, 57-64.
- [15] Zabrocki, L., Alari, A., & Benmarhnia, T. 2021. Estimating the Influence of Wind on Air Pollution Using a Causal Inference Pipeline. *Notes*, 5, 10
- [16] Yang J, Shi B, Shi Y, Marvin S, Zheng Y, Xia G. 2019. Air pollution dispersal in high density urban areas: Research on the triadic relation of wind, air pollution, and urban form, *Sustainable Cities and Society*. SCS 10194.