

ANALISIS KUALITAS UDARA DENGAN INDEKS STANDAR PENCEMAR UDARA (ISPU) DAN SEBARAN KADAR POLUTANNYA DI PROVINSI DKI JAKARTA

AIR QUALITY ANALYSIS WITH AIR POLLUTION STANDARD INDEX (ISPU) AND THE DISTRIBUTION OF POLLUTANT LEVELS IN DKI JAKARTA PROVINCE

Putri Imas Agista¹, Ninin Gusdini², Maya Dewi Dyah Maharani³

¹Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Sahid Jakarta, Jl. Prof. Dr. Soepomo, SH No.84 Tebet Jakarta, Email : putriagista17@gmail.com

²Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Sahid Jakarta, Jl. Prof. Dr. Soepomo, SH No.84 Tebet Jakarta, Email : ninin_gusdini@usahid.ac.id

³Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Sahid Jakarta, Jl. Prof. Dr. Soepomo, SH No.84 Tebet Jakarta, Email : maya@usahid.ac.id

ABSTRAK

Provinsi DKI Jakarta merupakan ibu kota Indonesia yang memiliki lima kota besar yaitu Jakarta Pusat, Jakarta Utara, Jakarta Selatan, Jakarta Timur dan Jakarta Barat. Sebagai kota yang sedang berkembang Provinsi DKI Jakarta turut menyumbangkan emisi udara yang menyebabkan menurunnya kualitas udara melalui kegiatan penduduk, kegiatan perindustrian dan transportasi. Oleh karena itu Dinas Lingkungan Hidup (DLH) DKI Jakarta memantau kadar pencemar udara primer yaitu NO₂ (Nitrogen Dioksida), SO₂ (Sulfur Dioksida), O₃ (Ozon), CO (Karbon Monoksida) dan PM₁₀ (Partikulat). Analisis dilakukan menggunakan Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) di lima kota besar di DKI Jakarta untuk mengetahui kualitas udara selama lima tahun terakhir tahun 2014 hingga tahun 2018. Kadar pencemar udara parameter NO₂, SO₂ dan CO di DKI Jakarta tahun 2014-2018 masih di bawah Nilai Ambang Batas (NAB) berurutan 400,00 µg/m³, 365,00 µg/m³ dan 30.000 µg/m³, sedangkan untuk parameter O₃ dan PM₁₀ di DKI Jakarta rata-rata kadar maksimum 249,00-456,10 µg/m³ dan 158,00-206,00 µg/m³ tahun 2014-2018 melewati NAB yaitu berurutan 235,00 µg/m³ dan 150,00 µg/m³. Sesuai kadarnya yang tinggi untuk parameter O₃ dan PM₁₀ menghasilkan kualitas udara yang buruk, untuk kota Jakarta Utara, Jakarta Selatan dan Jakarta Barat tahun 2018 menjadi tahun dengan kualitas udara terburuk dikarenakan perkembangan industri, sedangkan Jakarta Pusat tahun 2017 kualitas udara terburuk dan Jakarta Timur tahun 2014. Dilihat dari pola sebaran polutannya menggunakan *software Surfer 11*, khusus untuk parameter pencemar udara PM₁₀ mengalami perbaikan karena meningkatnya zonasi daerah kadar rendah di DKI Jakarta dikarenakan menurunnya jumlah kendaraan dan meningkatnya teknologi transportasi yang ramah lingkungan seperti mengganti transjakarta menjadi standar mesin Uni-Eropa IV-V dari Uni-Eropa II, ISS (*Idling Stop System*) pada kendaraan motor.

Kata Kunci : ISPU, *Surfer 11*, Provinsi DKI Jakarta

ABSTRACT

DKI Jakarta Province is the capital city of Indonesia that have 5 major cities which are Central Jakarta, North Jakarta, South Jakarta, East Jakarta, and West Jakarta. As one of the developing city, DKI Jakarta Province have a major contributes of air emission that made the air quality decrease through domestic, industrial, and also transportation. Therefore, Environmental Institution of DKI Jakarta have been monitoring primary air pollutants level represent by NO₂ (Nitrogen dioxide), SO₂ (Sulfur dioxide), O₃ (ozone), CO (Carbon monoxide) and PM₁₀ (Particulate). All parameters will be analysis by Air Pollutant Standard Index (APSI) in 5 major cities of DKI Jakarta Province to know the air quality for the past 5 years starting from 2014 to 2018. Air pollutants level of parameter NO₂, SO₂, and CO in

DKI Jakarta from 2014 to 2018 were below the threshold value which are 400,00 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 365,00 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ and 30.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ meanwhile for O₃ and PM₁₀ exceed the threshold value which are 235.00 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ and 150,00 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. The high level of O₃ and PM₁₀ causing poor air quality in North Jakarta, South Jakarta, and West Jakarta in 2018 become the worst year of air quality causing by industrial development, meanwhile Central Jakarta in 2017 become the worst air quality and East Jakarta in 2014. Based on pollutants distribution analysis using software surfer 11, PM₁₀ level has been decreased due to a decrease in number of vehicles and improvement of technology that more eco-friendly such as substitute standard machine of transjakarta from Uni-Eropa II to Uni-Eropa IV-V and also using ISS (Idling Stop System) on motorcycle.

Keyword : APSI, DKI Jakarta Province, Surfer 11

1. Pendahuluan

Udara merupakan sumber yang tidak terbatas dan sumber daya milik bersama, yang mempengaruhi kehidupan manusia serta makhluk hidup lainnya. Pemeliharaan terhadap fungsi udara harus dilakukan demi menjaga kesehatan dan kesejahteraan manusia serta melindungi makhluk hidup lainnya. Pencemaran udara diartikan dengan turunnya kualitas udara sehingga udara mengalami penurunan mutu dalam penggunaannya dan akhirnya tidak dapat dipergunakan lagi sebagai mana mestinya sesuai dengan fungsinya menurut Peraturan Pemerintah (PP) No. 41 Tahun 1999. Kecenderungan menurunnya kualitas udara dapat diakibatkan oleh faktor alam dan manusia. Faktor alam yang dapat mencemari udara salah satunya adalah aktivitas vulkanik gunung. Sedangkan Faktor manusia yang paling dominan adalah aktivitas transportasi dan perindustrian seiring dengan pertumbuhan penduduk.

Provinsi DKI Jakarta menjadi ibu kota yang berpenduduk padat, semakin padat penduduk semakin banyak dan bervariasi kegiatan manusia. Menurut Badan Pusat Statistik (BPS) DKI Jakarta terjadi kenaikan pada produksi industri yang dapat menimbulkan emisi seperti industri tekstil sebesar 10,13%, industri kelistrikan 9,07%, industri logam 7,54% dan industri kendaraan bermotor 1,47% pada tahun 2018 terhadap tahun 2017. Terdapat lima kota besar yang terbagi di DKI Jakarta, yaitu Jakarta Utara, Jakarta Selatan, Jakarta Barat, Jakarta Timur dan Jakarta Pusat. Pada kelima kota di DKI Jakarta tersebut tersebar berbagai macam industri yang dapat menghasilkan emisi. Melalui pertumbuhan penduduk di kelima kota tersebut juga dapat mempengaruhi polusi dari kendaraan yang dapat menyumbang sebagai sumber pencemar udara tercatat dalam Jakarta Dalam Angka 2018 terjadi peningkatan pada jumlah kendaraan sebesar 6% - 9% per tahunnya. Tercatat berdasarkan BPS DKI Jakarta laju pertumbuhan penduduk di Jakarta Selatan 0,91%, Jakarta Timur 0,83%, Jakarta Pusat 0,39%, Jakarta Barat 1,28% dan Jakarta Utara 0,95%, dengan jumlah total kendaraan pribadi sebanyak 18 006 404 yang terdaftar pada tahun 2017. Oleh karena itu Dinas Lingkungan Hidup (DLH) DKI Jakarta membuat stasiun pemantauan kualitas udara di lima kota besar di DKI Jakarta untuk memantau polusi utama udara seperti NO₂ (Nitrogen Dioksida), SO₂ (Sulfur Dioksida), O₃ (Ozon), CO (Karbon Monoksida) dan PM₁₀ (Partikulat). Berdasarkan sumber polutan yang semakin meningkat di daerah DKI Jakarta, oleh karena analisis kualitas udara di DKI Jakarta perlu dilakukan.

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis kualitas udara meliputi kadar polutan utama pencemar udara NO₂ (Nitrogen Dioksida), SO₂ (Sulfur Dioksida), O₃ (Ozon), CO (Karbon Monoksida) dan PM₁₀ (Partikulat), kategori kualitas udara yang di hitung berdasarkan Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) dan sebaran kadar polutannya yang diwakilkan oleh lima kota besar di Provinsi DKI Jakarta yaitu Jakarta Utara, Jakarta Selatan, Jakarta Timur, Jakarta Barat dan Jakarta Pusat.

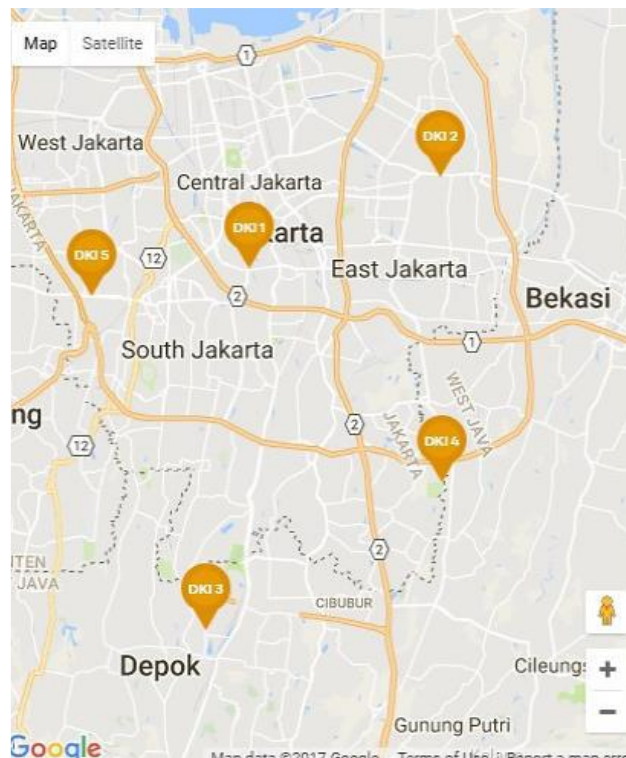
2. Metodologi Penelitian

Penelitian ini adalah penelitian noneksperimen yang termasuk dalam deskriptif kuantitatif. Penelitian dilakukan untuk mengetahui kualitas udara di DKI Jakarta yang diwakili lima kota besar yaitu Jakarta Utara, Jakarta Selatan, Jakarta Timur, Jakarta Barat dan Jakarta Pusat. Penelitian atau pengolahan data penelitian dilakukan pada bulan Januari hingga Maret 2019. Penelitian menggunakan data sekunder yang diperoleh dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, Badan Pusat Statistik, Dinas Lingkungan Hidup (DLH) DKI Jakarta dan Lembaga atau Instansi lainnya. Data diperoleh dari stasiun pemantauan kualitas udara ambien di DKI Jakarta pada tahun 2014-2018 yang diwakili lima kota besar yaitu Jakarta Utara, Jakarta Selatan, Jakarta Timur, Jakarta Barat dan Jakarta Pusat.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Kadar Polutan Pencemar Udara Primer di DKI Jakarta Tahun 2014-2018

Stasiun pemantauan kualitas udara yang dilakukan Dinas Lingkungan Hidup DKI Jakarta di lokasikan di lima kota besar yaitu Jakarta Pusat, Jakarta Utara, Jakarta Selatan, Jakarta Timur dan Jakarta Barat.



Gambar 1. Titik Lokasi Stasiun Pemantauan Kualitas Udara di Provinsi DKI Jakarta
Sumber: Dinas Lingkungan Hidup DKI Jakarta

Keterangan Lokasi :

DKI 1 (Jakarta Pusat)

Lokasi : Dekat kantor Pos Polisi BundaranHI

Koordinat : -6.196271,106.822921

DKI 2 (Jakarta Utara)

Lokasi : Jl. Nias Raya, Kantor Kelurahan Nias Kelapa Gading

Koordinat : -6.154454,106.910845

DKI 3 (Jakarta Selatan)

Lokasi : Taman Pendidikan Dinas Pertamanan, Jagakarsa

Koordinat : -6.356317,106.804713

DKI 4 (Jakarta Timur)

Lokasi : Jl. Raya Pondok Gede RT. 4 RW. 12 Halaman Parkir Monumen Pancasila Sakti

Koordinat : -6.290345,106.908610

DKI 5 (Jakarta Barat)

Lokasi : Taman Perumahan Kebon Jeruk Blok J6, Kebon Jeruk

Koordinat : -6.209225,106.753437

Tabel 1. Hasil Maksimum dan Minimum Kadar Polutan di Provinsi DKI Jakarta
 Tahun 2014-2018

Kota	Maksimum									
	PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Tahun	SO2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Tahun	CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Tahun	O3 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Tahun	NO2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Tahun
Jakarta Pusat	158	2016	76,8	2016	9000	2014	317,5	2017	220,35	2015
Jakarta Utara	182	2014	53,35	2017	6000	2014	456	2018	220,35	2015
Jakarta Selatan	186	2017	92,8	2018	7200	2015	368,5	2018	169,5	2015
Jakarta Timur	206	2016	115,2	2018	7200	2016	249	2014	237,3	2015
Jakarta Barat	178	2015	80	2018	11900	2014	456,1	2018	355,9	2015

Kota	Maksimum									
	PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Tahun	SO2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Tahun	CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Tahun	O3 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Tahun	NO2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Tahun
Jakarta Pusat	4	2018	1,6	2015	400	2018	9,6	2018	5,65	2015 & 2016
Jakarta Utara	20	2017	6	2015	300	2018	26,4	2014	5,65	2017
Jakarta Selatan	2	2017	1,6	2014	200	2018	9,6	2015	5,65	2017
Jakarta Timur	7	2016	3,2	2015	100	2015 & 2017	21,6	2014	5,65	2017
Jakarta Barat	2	2016	1,6	2014	100	2017	7,2	2014 & 2015	5,65	2016 & 2018

Dari hasil pemantauan stasiun kualitas lingkungan bahwa kadar polutan PM10 maksimum berada pada range 158,00-206,00 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ yang melewati NAB sebesar 150,00 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, sedangkan kadar minimum berada pada range 2,00-20,00 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di DKI Jakarta. Untuk kadar polutan SO2 kadar maksimum berada pada range 53,35-115,20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ aman di bawah NAB sebesar 365,00 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, sedangkan kadar minimum berada pada range 1,00-6,00 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di DKI Jakarta. Pada polutan CO kadar maksimum berada pada range 7200-11900 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ aman di bawah NAB sebesar 30.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, sedangkan kadar minimum pada range 100-400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di

DKI Jakarta. Kadar polutan O₃ yang diukur menghasilkan kadar maksimum pada range 249,00-456,10 µg/m³ yang melewati NAB sebesar 235,00 µg/m³, sedangkan kadar minimum pada range 7,20-26,40 µg/m³ di DKI Jakarta. Pada polutan NO₂ yang diukur menghasilkan kadar tertinggi di range 169,50-355,90 µg/m³ aman di bawah NAB sebesar 400,00 µg/m³, sedangkan untuk kadar minimumnya pada 5,65 µg/m³ di DKI Jakarta

3.2 Kategori Kualitas Udara Menggunakan Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU)

Penentuan kategori ISPU, terlebih dahulu dilakukan perhitungan nilai ISPU menggunakan kadar polutan yang di dapat dari DLH dihitung sesuai KEPBAPEDAL No. 107 Tahun 1997 yaitu :

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

Keterangan:

I = ISPU terhitung (nilai ISPU)

Ia = ISPU batas atas

Ib = ISPU batas bawah

Xa = Ambien batas atas

Xb = Ambien batas bawah

Xx = Kadar ambien nyata hasil pengukuran

Tabel 2. Kualitas Udara Kategori ISPU di Provinsi DKI Jakarta Tahun 2014-2018

Tahun 2014						
KATEGORI	DKI1	DKI2	DKI3	DKI4	DKI5	JUMLAH
BAIK	77	56	155	42	63	393
SEDANG	276	269	176	301	240	1262
TIDAK SEHAT	5	30	20	19	54	128
SANGAT TIDAK SEHAT	0	0	0	3	5	8
BERBAHAYA	0	0	0	0	0	0
TIDAK ADA DATA	7	10	14	0	3	34
Tahun 2015						
KATEGORI	DKI1	DKI2	DKI3	DKI4	DKI5	JUMLAH
BAIK	74	85	86	62	106	413
SEDANG	286	259	245	258	248	1296
TIDAK SEHAT	0	15	33	25	7	80
SANGAT TIDAK SEHAT	0	0	0	0	0	0
BERBAHAYA	0	0	0	0	0	0
TIDAK ADA DATA	5	6	1	20	4	36
Tahun 2016						
KATEGORI	DKI1	DKI2	DKI3	DKI4	DKI5	JUMLAH
BAIK	114	75	59	69	62	379
SEDANG	245	241	242	283	247	1258
TIDAK SEHAT	2	49	47	14	43	155

Tahun 2016						
KATEGORI	DKI1	DKI2	DKI3	DKI4	DKI5	JUMLAH
SANGAT TIDAK SEHAT	0	1	0	0	0	1
BERBAHAYA	0	0	0	0	0	0
TIDAK ADA DATA	5	0	18	0	14	37
Tahun 2017						
KATEGORI	DKI1	DKI2	DKI3	DKI4	DKI5	JUMLAH
BAIK	117	83	82	78	116	476
SEDANG	208	236	208	263	206	1121
TIDAK SEHAT	28	42	64	21	43	198
SANGAT TIDAK SEHAT	0	0	0	0	0	0
BERBAHAYA	0	0	0	0	0	0
TIDAK ADA DATA	12	4	11	3	0	30
Tahun 2018						
KATEGORI	DKI1	DKI2	DKI3	DKI4	DKI5	JUMLAH
BAIK	167	61	48	56	38	370
SEDANG	180	174	222	293	142	1011
TIDAK SEHAT	6	117	81	11	166	381
SANGAT TIDAK SEHAT	0	11	0	0	19	30
BERBAHAYA	0	0	0	0	0	0
TIDAK ADA DATA	12	2	14	5	0	33
TOTAL HARI	365	365	365	365	365	1825

Kualitas udara di DKI Jakarta tahun 2014-2018, di dapatkan bahwa tahun 2018 merupakan tahun terburuk dari lima tahun terakhir. Tercatat bahwa sebanyak 381 hari tidak sehat dan sebanyak 30 hari sangat tidak sehat dari total pengukuran di lima kota di DKI Jakarta. Sedangkan tahun tersehat terdapat pada tahun 2015 dengan 80 hari tidak sehat dan nol hari kategori sangat tidak sehat. Dilihat dari data kategori Kota Jakarta Utara disebut sebagai kota yang paling tercemar di bandingkan tiga kota lainnya.

Tabel 3. Jumlah Industri di Kota Jakarta Utara Tahun 2015-2018

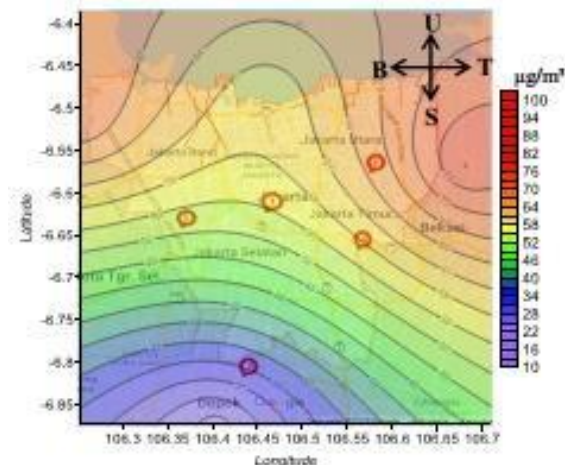
Tahun	Jumlah Industri	Bidang Industri
2015	4	Suku cadang kendaraan & pembangkitan listrik
2016	22	Kendaraan pembangkit listrik & rumah sakit
2017	40	Kendaraan, pembangkit listrik, baja besi & rumah sakit
2018	50	Kendaraan, pembangkit listrik, baja besi & rumah sakit

Dilihat dari Tabel 3. bahwa Kota Jakarta Utara mengalami peningkatan selama empat tahun terakhir, pada tahun 2015 jumlah industri empat dan hanya ada dua bidang maka tahun 2015 menjadi tahun terbaik kualitas udaranya. Namun pada tahun 2018 total industri mencapai 50 perusahaan dan terbagi di empat bidang industri yang menghasilkan emisi ke udara dalam

prosesnya. Maka tahun 2018 menjadi tahun yang paling buruk dibandingkan dengan empat tahun lainnya.

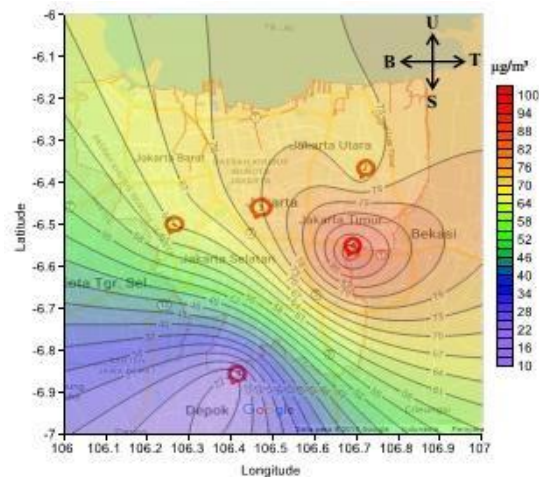
3.3 Pola Sebaran Kadar Polutan PM₁₀ di Provinsi DKI Jakarta Tahun 2014-2018

Penggambaran sebaran polutan PM₁₀ di udara ambien menggunakan *software Surfer 11*, dengan menggunakan asumsi dari garis kontur.



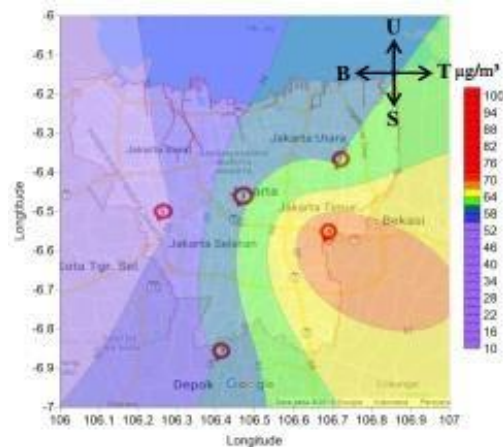
Gambar 2. Pola Sebaran PM₁₀ di DKI Jakarta Tahun 2014

Daerah yang memiliki pola sebaran polutan PM₁₀ tertinggi tahun 2014 adalah dari stasiun pemantauan kualitas udara DKI 4 ke DKI 2 dengan kisaran konsentrasi 70,00 µg/m³ dan ke arah utara DKI 5 dan DKI 1. Sedangkan daerah sebaran yang memiliki sebaran polutan dengan kadar rendah adalah DKI 3 di Kota Jakarta Selatan memiliki kisaran kadar < 30,00 µg/m³.



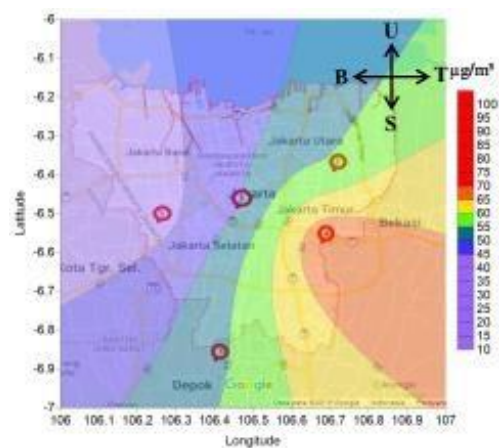
Gambar 3. Pola Sebaran PM₁₀ di DKI Jakarta Tahun 2015

Daerah yang memiliki pola sebaran polutan PM₁₀ tertinggi tahun 2015 adalah dari stasiun pemantauan kualitas udara DKI 4 menyebar ke DKI 2 dan DKI 1 dengan kisaran konsentrasi > 70,00 µg/m³. Sedangkan daerah sebaran yang memiliki sebaran polutan dengan kadar rendah adalah DKI 3 di Kota Jakarta Selatan memiliki kisaran kadar < 30,00 µg/m³.



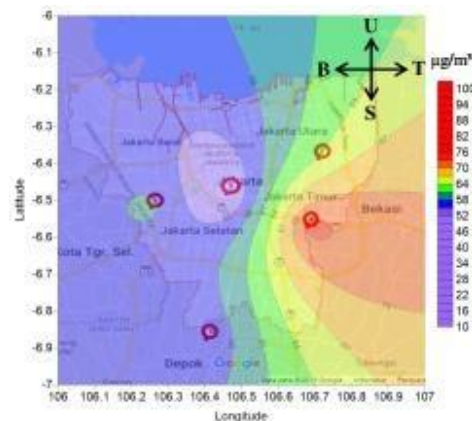
Gambar 4. Pola Sebaran PM₁₀ di DKI Jakarta Tahun 2016

Daerah yang memiliki pola sebaran polutan PM₁₀ tertinggi tahun 2016 adalah dari stasiun pemantauan kualitas udara DKI 4 menyebar ke daerah Bekasi dengan kisaran konsentrasi > 65,00-70,00 µg/m³. Sedangkan daerah sebaran yang memiliki sebaran polutan dengan kadar rendah adalah DKI 2 menyebar ke DKI 5 di Kota Jakarta Barat memiliki kisaran kadar < 40,00 µg/m³.



Gambar 5. Pola Sebaran PM₁₀ di DKI Jakarta Tahun 2017

Daerah yang memiliki pola sebaran polutan PM₁₀ tertinggi tahun 2017 sama seperti tahun 2016 dari stasiun pemantauan kualitas udara DKI 4 menyebar ke daerah Bekasi dengan kisaran konsentrasi > 65,00- 70,00 µg/m³. Sedangkan daerah sebaran yang memiliki sebaran polutan dengan kadar rendah adalah DKI 2 menyebar ke DKI 5 di Kota Jakarta Barat memiliki kisaran kadar < 40,00 µg/m³.



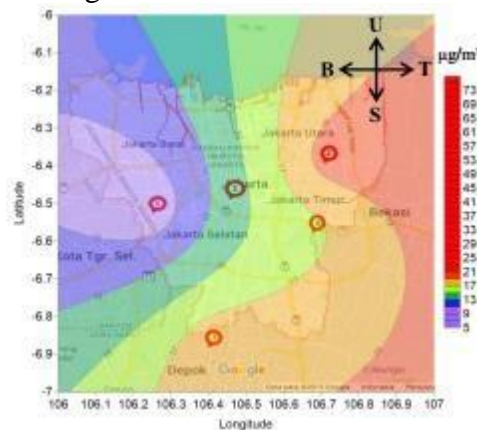
Gambar 6. Pola Sebaran PM₁₀ di DKI Jakarta Tahun 2018

Daerah yang memiliki pola sebaran polutan PM_{10} tertinggi tahun 2018 hampir sama seperti tahun 2016 dan 2017 dari stasiun pemantauan kualitas udara DKI 4 menyebar ke daerah Bekasi dengan kisaran konsentrasi $> 70,00 \mu g/m^3$. Sedangkan daerah sebaran yang memiliki sebaran polutan dengan kadar rendah adalah DKI 2 menyebar ke DKI 1 dan DKI 3 di Kota Jakarta Barat memiliki kisaran kadar $< 40,00 \mu g/m^3$ namun DKI 5 memiliki kadar yang sedang sekitar $60,00 \mu g/m^3$.

Dari pola sebaran polutan PM_{10} yang telah di gambarkan di DKI Jakarta tahun 2014-2018 terlihat bahwa daerah sebaran yang memiliki kadar PM_{10} tinggi adalah stasiun pemantauan DKI 4 di Kota Jakarta Timur. Sedangkan sebaran polutan PM_{10} yang paling rendah adalah stasiun pemantauan DKI 3 di Kota Jakarta Selatan. Tingginya konsentrasi polutan PM_{10} dapat menyebabkan gangguan pernafasan akut dan dapat menyebabkan penyakit paru-paru. Polutan PM_{10} adalah partikel debu yang berukuran < 10 mikro yang masuk ke dalam tubuh dan tidak bisa di hambat oleh hidung. Polutan PM_{10} yang masuk ke dalam tubuh tertinggal dan menumpuk di dalam saluran pernafasan dan paru-paru. Maka dari itu pemantauan polutan PM_{10} perlu dilakukan.

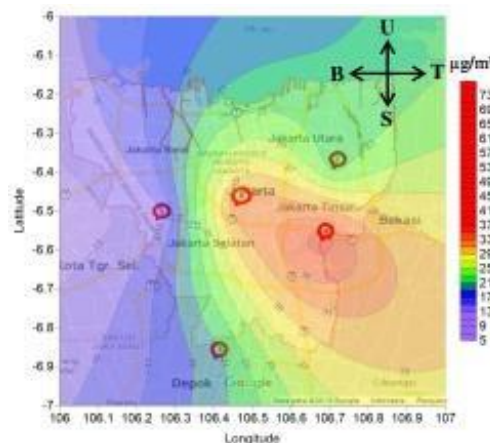
3.4 Pola Sebaran Kadar Polutan SO_2 di Provinsi DKI Jakarta Tahun 2014-2018

Penggambaran sebaran polutan SO_2 di udara ambien menggunakan *software Surfer 11*, dengan menggunakan asumsi dari garis kontur.



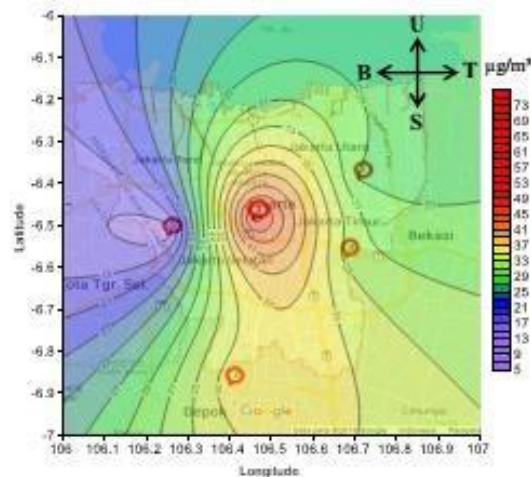
Gambar 7. Pola Sebaran SO_2 di DKI Jakarta Tahun 2014

Daerah yang memiliki pola sebaran polutan SO_2 tertinggi tahun 2014 dari stasiun pemantauan kualitas udara DKI 2 menyebar ke daerah Bekasi dengan kisaran konsentrasi $> 20,00 \mu g/m^3$. Sedangkan daerah sebaran yang memiliki sebaran polutan dengan kadar rendah adalah DKI 1 menyebar ke DKI 5 di Kota Jakarta Barat memiliki kisaran kadar $< 15,00 \mu g/m^3$.



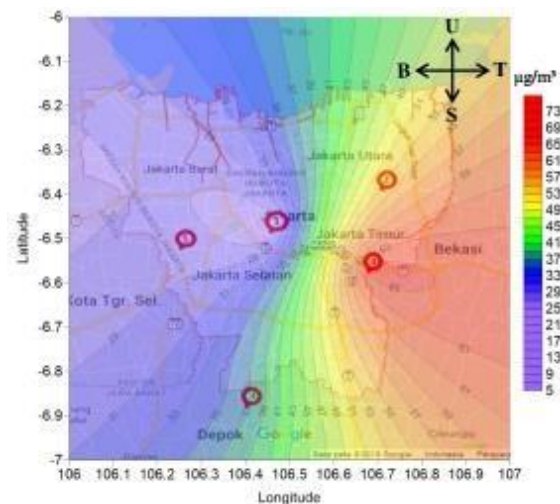
Gambar 8. Pola Sebaran SO_2 di DKI Jakarta Tahun 2015

Daerah yang memiliki pola sebaran polutan SO₂ tertinggi tahun 2015 dari stasiun pemantauan kualitas udara DKI 1 menyebar ke DKI 4 dengan kisaran konsentrasi > 30,00 µg/m³. Sedangkan daerah sebaran yang memiliki sebaran polutan dengan kadar rendah adalah DKI 2 dan DKI 3 menyebar ke DKI 5 di Kota Jakarta Barat memiliki kisaran kadar < 20,00 µg/m³.



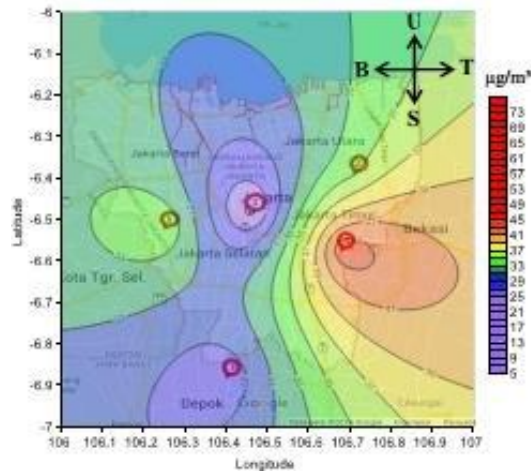
Gambar 9. Pola Sebaran SO₂ di DKI Jakarta Tahun 2016

Daerah yang memiliki pola sebaran polutan SO₂ tertinggi tahun 2016 dari stasiun pemantauan kualitas udara DKI 1 menyebar ke DKI 3 dengan kisaran konsentrasi > 30,00 µg/m³. Sedangkan daerah sebaran yang memiliki sebaran polutan dengan kadar rendah adalah DKI 4 dan DKI 2 menyebar ke DKI 5 di Kota Jakarta Barat memiliki kisaran kadar < 25,00 µg/m³.



Gambar 10. Pola Sebaran SO₂ di DKI Jakarta Tahun 2017

Daerah yang memiliki pola sebaran polutan SO₂ tertinggi tahun 2017 dari stasiun pemantauan kualitas udara DKI 4 dan DKI 2 menyebar ke daerah Bekasi dengan kisaran konsentrasi > 40,00 µg/m³. Sedangkan daerah sebaran yang memiliki sebaran polutan dengan kadar rendah adalah DKI 1 dan DKI 3 menyebar ke DKI 5 di Kota Jakarta Barat memiliki kisaran kadar < 40,00 µg/m³.

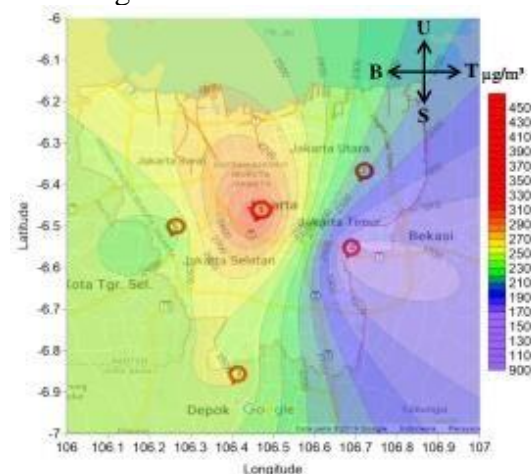


Gambar 11. Pola Sebaran SO_2 di DKI Jakarta Tahun 2018

Daerah yang memiliki pola sebaran polutan SO_2 tertinggi tahun 2017 dari stasiun pemantauan kualitas udara DKI 4 menyebar ke daerah Bekasi dengan kisaran konsentrasi $> 35,00 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Sedangkan daerah sebaran yang memiliki sebaran polutan dengan kadar rendah adalah DKI 1 menyebar ke DKI 3 di Kota Jakarta Selatan memiliki kisaran kadar $< 30,00 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Berdasarkan gambaran pola sebaran polutan SO_2 di daerah DKI Jakarta tahun 2014-2018, pada tahun 2015, 2017 dan 2018 memiliki sebaran polutan SO_2 tertinggi di stasiun pemantauan DKI 4 di Kota Jakarta Timur. Pada tahun 2014 dan 2016 sebaran polutan tertinggi terdapat di stasiun pemantauan DKI 1 di Kota Jakarta Pusat. Sedangkan untuk sebaran polutan terendah pada tahun 2014-2018 di stasiun pemantauan DKI 3 di Kota Jakarta Selatan dan DKI 5 di Kota Jakarta Barat. Polutan SO_2 memiliki karakteristik gas berbau tajam dari unsur sulfur dan tidak berwarna. Polutan SO_2 dihasilkan dari pembakaran senyawa- senyawa yang mengandung unsur sulfur. Senyawa SO_2 masuk ke dalam tubuh manusia melalui saluran pernafasan, karna sifatnya yang asam maka senyawa SO_2 dapat menyebabkan infeksi saluran pernafasan.

3.5 Pola Sebaran Kadar Polutan CO di Provinsi DKI Jakarta Tahun 2014-2018

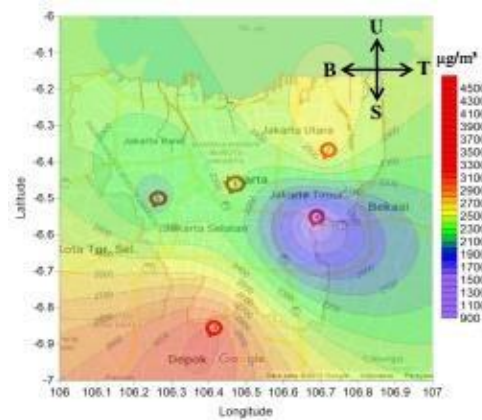
Penggambaran sebaran polutan CO di udara ambien menggunakan *software Surfer 11*, dengan menggunakan asumsi dari garis kontur.



Gambar 12 Pola Sebaran CO di DKI Jakarta Tahun 2014

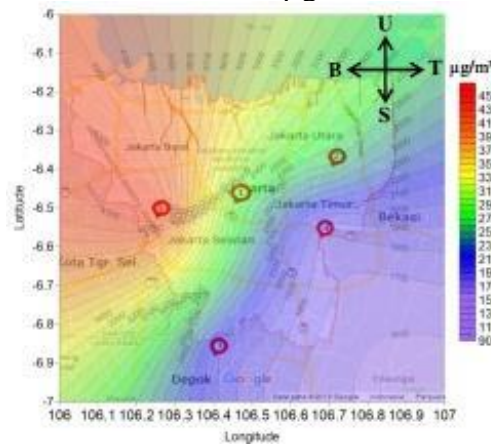
Daerah yang memiliki pola sebaran polutan CO tertinggi tahun 2014 dari stasiun pemantauan kualitas udara DKI 1 menyebar ke DKI 3 dan daerah Kota Jakarta Utara dengan kisaran konsentrasi $> 2500,00 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Sedangkan daerah yang memiliki sebaran polutan dengan

kadar rendah adalah DKI 2 menyebar ke DKI 4 di Kota Jakarta Timur memiliki kisaran kadar < 2000,00 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



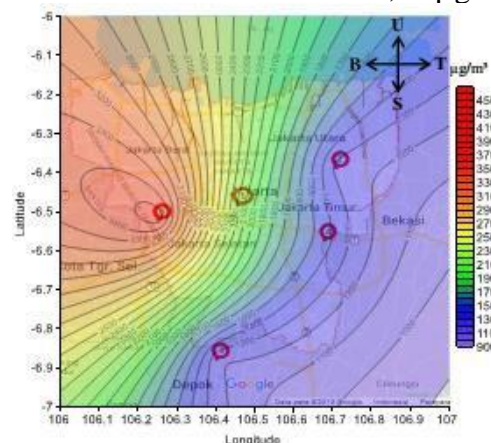
Gambar 13 Pola Sebaran CO di DKI Jakarta Tahun 2015

Daerah yang memiliki pola sebaran polutan CO tertinggi tahun 2015 adalah dari stasiun pemantauan kualitas udara DKI 3 ke daerah Depok dengan kisaran konsentrasi 2500,00 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Sedangkan daerah sebaran yang memiliki polutan dengan kadar rendah adalah DKI 4 di Kota Jakarta Timur memiliki kisaran kadar < 2200,00 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



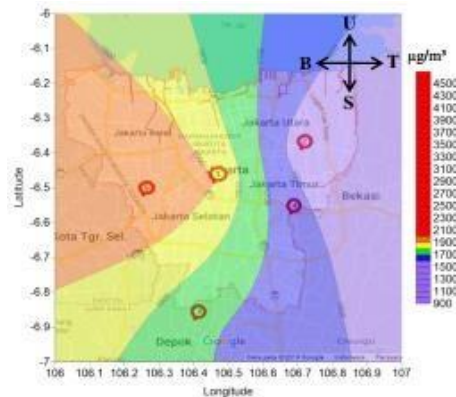
Gambar 14 Pola Sebaran CO di DKI Jakarta Tahun 2016

Daerah yang memiliki pola sebaran polutan CO tertinggi tahun 2016 adalah dari stasiun pemantauan kualitas udara DKI 5 menyebar ke Kota Jakarta Utara dengan kisaran konsentrasi > 2500,00 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Sedangkan daerah sebaran yang memiliki polutan dengan kadar rendah adalah DKI 3 dan DKI 4 memiliki kisaran kadar < 18000,00 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



Gambar 15 Pola Sebaran CO di DKI Jakarta Tahun 2017

Daerah yang memiliki pola sebaran polutan CO tertinggi tahun 2017 sama seperti tahun 2016 adalah dari stasiun pemantauan kualitas udara DKI 5 menyebar ke Kota Jakarta Utara dengan kisaran konsentrasi $> 2500,00 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Sedangkan daerah sebaran yang memiliki polutan dengan kadar rendah adalah DKI 3, DKI 2 dan DKI 4 memiliki kisaran kadar $< 18000,00 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Gambar 16 Pola Sebaran CO di DKI Jakarta Tahun 2018

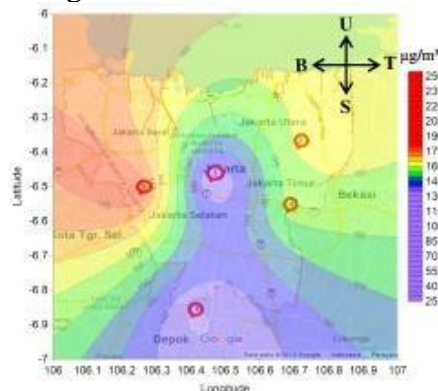
Daerah yang memiliki pola sebaran polutan CO tertinggi tahun 2018 sama seperti tahun 2016 adalah dari stasiun pemantauan kualitas udara DKI 5 menyebar ke Kota Tangerang Selatan dengan kisaran konsentrasi $> 1900,00 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Sedangkan daerah sebaran yang memiliki polutan dengan kadar rendah adalah DKI 2 dan DKI 4 memiliki kisaran kadar $< 16000,00 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Dilihat dari pola sebaran polutan CO di DKI Jakarta dari tahun 2014-2018, pada tiga tahun terakhir sebaran polutan CO dengan kadar tertinggi terdapat di stasiun pemantauan udara DKI 5 yang menyebar ke Kota Jakarta Utara dan Kota Tangerang Selatan. Namun pada tahun 2014 kadar tertinggi berada di stasiun pemantauan DKI 1 dan pada tahun 2015 berada di DKI 3. Sedangkan untuk daerah sebaran polutan CO terendah setiap tahun dalam lima tahun terakhir adalah di stasiun pemantauan udara DKI 4 di Kota Jakarta Timur.

Polutan CO dihasilkan dari proses pembakaran yang kurang sempurna, karna jika sempurna akan membentuk CO_2 . CO bisa bersumber dari industri, kendaraan bermotor maupun naktivitas manusia seperti pembakaran sampah. Gas CO mempunyai potensi bersifat racun yang berbahaya karena mampu membentuk ikatan yang kuat dengan pigmen darah yaitu hemoglobin. Proses ikatan CO dengan hemoglobin lebih cepat daripada ikatan oksigen dengan hemoglobin, maka hemoglobin akan berikatan dengan CO terlebih dahulu daripada dengan oksigen.

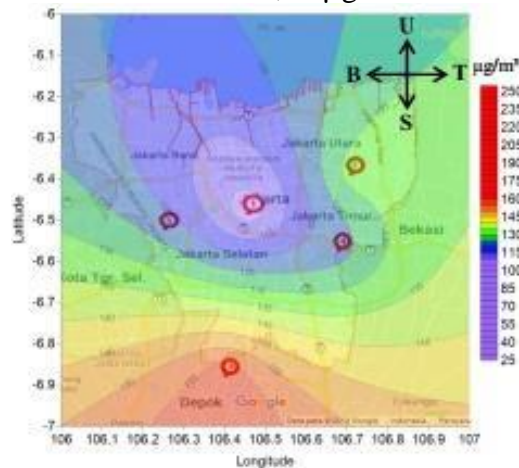
3.6 Pola Sebaran Kadar Polutan O_3 di Provinsi DKI Jakarta Tahun 2014-2018

Penggambaran sebaran polutan O_3 di udara ambien menggunakan *software Surfer 11*, dengan menggunakan asumsi dari garis kontur.



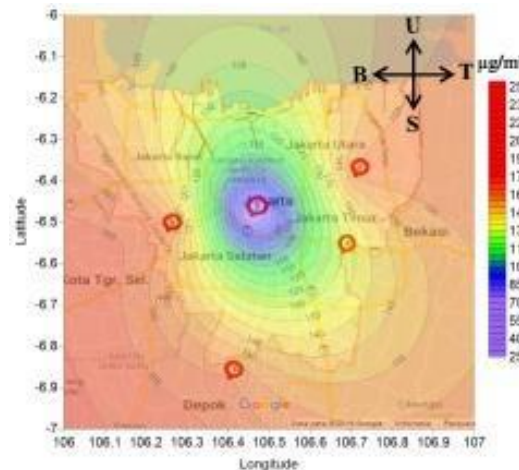
Gambar 17 Pola Sebaran O_3 di DKI Jakarta Tahun 2014

Daerah yang memiliki pola sebaran polutan O_3 tertinggi tahun 2014 adalah dari stasiun pemantauan kualitas udara DKI 5 ke Kota Tangerang Selatan dengan kisaran konsentrasi $> 170,00 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Sedangkan daerah sebaran yang memiliki polutan dengan kadar rendah adalah DKI 1 dan DKI 3 memiliki kisaran kadar $< 150,00 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



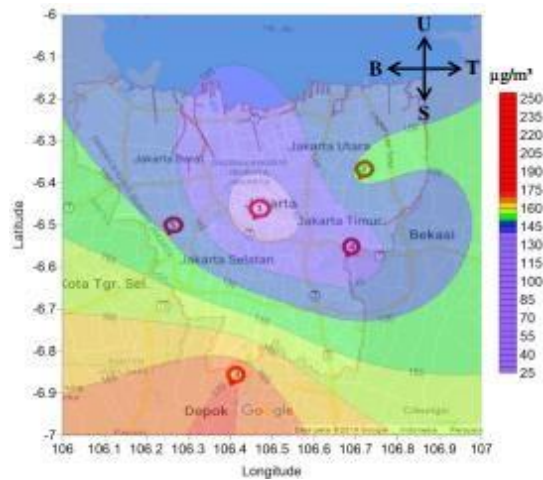
Gambar 18 Pola Sebaran O_3 di DKI Jakarta Tahun 2015

Daerah yang memiliki pola sebaran polutan O_3 tertinggi tahun 2015 adalah dari stasiun pemantauan kualitas udara DKI 3 ke Kota Depok dengan kisaran konsentrasi $> 150,00 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Sedangkan daerah sebaran yang memiliki polutan dengan kadar rendah adalah DKI 4, DKI 1 dan DKI 5 menyebar ke Kota Jakarta Utara memiliki kisaran kadar $< 125,00 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



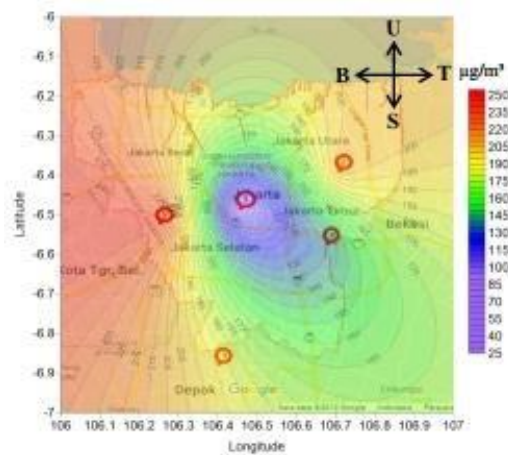
Gambar 19 Pola Sebaran O_3 di DKI Jakarta Tahun 2016

Daerah yang memiliki pola sebaran polutan O_3 tertinggi tahun 2016 adalah dari stasiun pemantauan kualitas udara DKI 2, DKI 3 dan DKI 5 dengan kisaran konsentrasi $> 150,00 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Sedangkan daerah sebaran yang memiliki polutan dengan kadar rendah adalah DKI 1 Kota Jakarta Pusat memiliki kisaran kadar $< 110,00 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Gambar 20 Pola Sebaran O₃ di DKI Jakarta Tahun 2017

Daerah yang memiliki pola sebaran polutan O₃ tertinggi tahun 2017 adalah dari stasiun pemantauan kualitas udara DKI 3 dengan kisaran konsentrasi > 160,00 µg/m³. Sedangkan daerah sebaran yang memiliki polutan dengan kadar rendah adalah DKI 1, DKI 4 dan DKI 5 ke Kota Jakarta Barat dan Jakarta Utara memiliki kisaran kadar < 145,00 µg/m³.



Gambar 21 Pola Sebaran O₃ di DKI Jakarta Tahun 2018

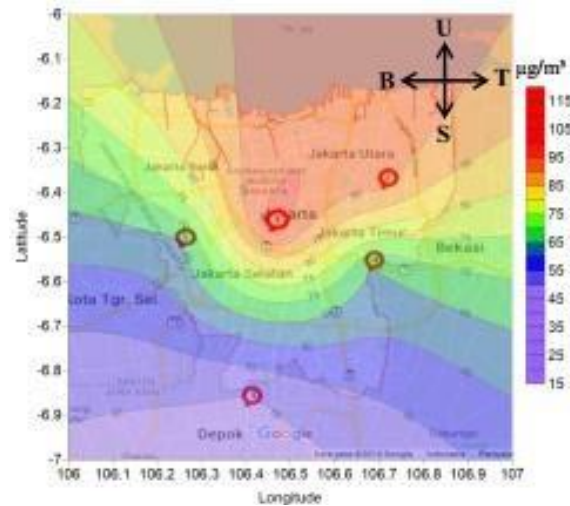
Daerah yang memiliki pola sebaran polutan O₃ tertinggi tahun 2018 adalah dari stasiun pemantauan kualitas udara DKI 5 ke daerah Kota Tangerang Selatan dengan kisaran konsentrasi > 200,00 µg/m³. Sedangkan daerah sebaran yang memiliki polutan dengan kadar rendah adalah DKI 1 Kota Jakarta Pusat memiliki kisaran kadar < 140,00 µg/m³.

Dari hasil gambaran pola sebaran polutan O₃ di DKI Jakarta tahun 2014-2018, maka pada tahun 2016 paling buruk karna di DKI 4 Kota Jakarta Timur, DKI 3 Kota Jakarta Selatan dan DKI 5 Kota Jakarta Barat memiliki sebaran kadar yang tinggi. Sedangkan pada tahun 2014 and 2018 sebaran kadar tertinggi terdapat di DKI 5 Kota Jakarta Barat, tahun 2015 dan tahun 2017 sebaran kadar polutan O₃ tertinggi terdapat di DKI 3 Kota Jakarta Selatan. Sedangkan DKI 1 Kota Jakarta Pusat selalu memiliki sebaran kadar polutan terendah dari tahun 2014-2018.

Polutan O₃ pada kadar tinggi bisa berakibat fatal pada saluran pernafasan manusia. Kadar O₃ yang tinggi yang masuk melalui saluran pernafasan manusia akan mengakibatkan infeksi pada saluran pernafasan. Udara ambien dengan kadar tinggi juga bisa mengakibatkan iritasi pada mata.

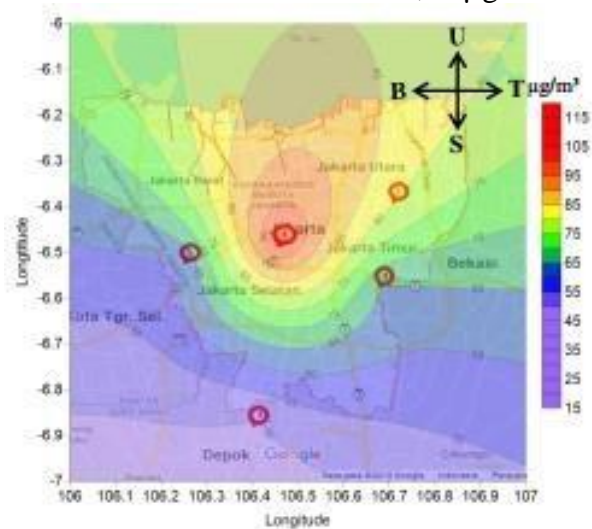
3.7 Pola Sebaran Kadar Polutan NO₂ di Provinsi DKI Jakarta Tahun 2014-2018

Penggambaran sebaran polutan NO₂ di udara ambien menggunakan *software Surfer 11*, dengan menggunakan asumsi dari garis kontur.



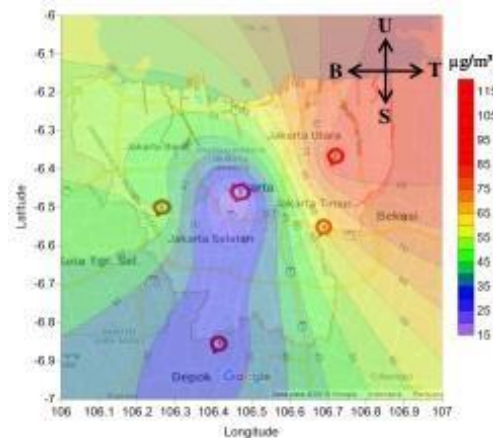
Gambar 22 Pola Sebaran NO₂ di DKI Jakarta Tahun 2014

Daerah yang memiliki pola sebaran polutan NO₂ tertinggi tahun 2014 adalah dari stasiun pemantauan kualitas udara DKI 1 dan DKI 2 ke daerah Laut Jawa dengan kisaran konsentrasi > 90,00 µg/m³. Sedangkan daerah sebaran yang memiliki polutan dengan kadar rendah adalah DKI 3 Kota Jakarta Selatan memiliki kisaran kadar < 60,00 µg/m³.



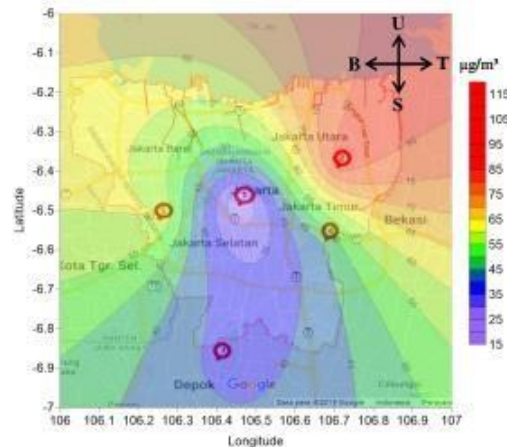
Gambar 23 Pola Sebaran NO₂ di DKI Jakarta Tahun 2015

Daerah yang memiliki pola sebaran polutan NO₂ tertinggi tahun 2015 sama seperti tahun 2014 adalah dari stasiun pemantauan kualitas udara DKI 1 ke daerah Kota Jakarta Utara dan Laut Jawa dengan kisaran konsentrasi > 80,00 µg/m³. Sedangkan daerah sebaran yang memiliki polutan dengan kadar rendah adalah DKI 3 Kota Jakarta Selatan memiliki kisaran kadar < 60,00 µg/m³.



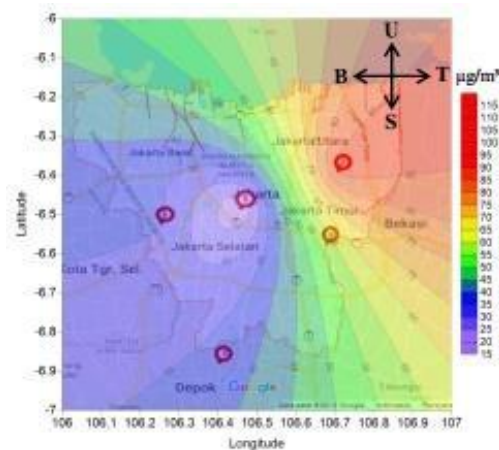
Gambar 24 Pola Sebaran NO_2 di DKI Jakarta Tahun 2016

Daerah yang memiliki pola sebaran polutan NO_2 tertinggi tahun 2016 adalah dari stasiun pemantauan kualitas udara DKI 2 ke daerah Kota Bekasi dengan kisaran konsentrasi $> 80,00 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Sedangkan daerah sebaran yang memiliki polutan dengan kadar rendah adalah DKI 1 Kota Jakarta Pusat dan DKI 3 Kota Jakarta Selatan memiliki kisaran kadar $< 35,00 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Gambar 25 Pola Sebaran NO_2 di DKI Jakarta Tahun 2017

Daerah yang memiliki pola sebaran polutan NO_2 tertinggi tahun 2017 sama seperti tahun 2016 adalah dari stasiun pemantauan kualitas udara DKI 2 ke daerah Kota Bekasi dengan kisaran konsentrasi $> 75,00 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Sedangkan daerah sebaran yang memiliki polutan dengan kadar rendah adalah DKI 1 Kota Jakarta Pusat dan DKI 3 Kota Jakarta Selatan memiliki kisaran kadar $< 45,00 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Gambar 26 Pola Sebaran NO_2 di DKI Jakarta Tahun 2018

Daerah yang memiliki pola sebaran polutan NO_2 tertinggi tahun 2018 sama seperti tahun 2017 adalah dari stasiun pemantauan kualitas udara DKI 2 ke daerah Kota Bekasi dengan kisaran konsentrasi $> 80,00 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Sedangkan daerah sebaran yang memiliki polutan dengan kadar rendah adalah DKI 1 Kota Jakarta Pusat, DKI 5 Kota Jakarta Barat dan DKI 3 Kota Jakarta Selatan memiliki kisaran kadar $< 40,00 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Dari gambaran pola sebaran polutan NO_2 di DKI Jakarta tahun 2014-2018, pada tahun 2016-2018 di stasiun pemantauan DKI 2 Kota Jakarta Utara memiliki kadar yang tertinggi. Namun pada tahun 2014-2015 kota yang memiliki sebaran kadar tertinggi adalah Kota Jakarta Pusat dengan stasiun pemantauan DKI 1. Sedangkan untuk sebaran dengan kadar rendah terdapat di DKI 3 Kota Jakarta Selatan tahun 2014-2018.

Seperti halnya polutan SO_2 , polutan NO_2 juga berbahaya bagi saluran pernafasan manusia dapat menyebabkan infeksi pada kadar tinggi. Apabila kadar polutan NO_2 tinggi di udara maka apabila turun hujan dapat bereaksi dengan air hujan membentuk HNO_2 atau HNO_3 yang merupakan senyawa asam. Maka terjadilah hujan asam yang sangat berbahaya bagi pertumbuhan tanaman dan hewan.

4. Kesimpulan

Dari hasil dan pembahasan di atas maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari stasiun pemantauan kualitas udara di dapatkan hasil kadar bahwa polutan PM_{10} maksimum range $158,00\text{-}206,00 \mu\text{g}/\text{m}^3$ telah melewati NAB sebesar $150,00 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di DKI Jakarta. Pada polutan O_3 yang diukur menghasilkan kadar maksimum pada range $249,00\text{-} 456,10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ yang melewati NAB sebesar $235,00 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di DKI Jakarta. Sedangkan kadar polutan SO_2 , CO dan NO_2 kadar aman di bawah NAB sebesar berurutan $365,00 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $30.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan $400,00 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di DKI Jakarta.
2. Kualitas udara parameter CO tidak dapat dihitung karena kadarnya tinggi berdasarkan tabel nilai ISPU standar CO tertinggi untuk dihitung $57,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ parameter kritis yang dijadikan penentu kategori ISPU mayoritas adalah O_3 dan PM_{10} di lima kota di DKI Jakarta. Kota Jakarta Pusat dengan hasil kualitas udara paling buruk adalah tahun 2017 dengan 28 hari tidak sehat, sedangkan kualitas paling baik tahun 2015 dengan nol hari tidak sehat. Kota Jakarta Utara tahun 2018 paling buruk dengan 11 hari sangat tidak sehat dan 117 tidak sehat, sedangkan kualitas udara paling baik tahun 2015 dengan 15 hari tidak sehat. Kota Jakarta Selatan kualitas paling buruk tahun 2018 dengan 81 hari tidak sehat, sedangkan kualitas udara yang paling baik tahun 2014 dengan 20 hari tidak sehat. Kota Jakarta Timur kualitas paling buruk tahun 2014 dengan 3 hari sangat tidak sehat dan 19 hari tidak sehat, sedangkan kualitas udara yang paling baik tahun 2018 dengan 11 hari tidak sehat. Kota Jakarta Barat kualitas yang buruk pada tahun 2018 dengan 19 hari sangat tidak sehat dan 166 hari tidak sehat, sedangkan kualitas udara yang paling baik tahun 2015 dengan 7 hari tidak sehat.
3. Berdasarkan pola sebaran kadar polutan untuk PM_{10} dan SO_2 dari tahun 2014- 2018 mengalami perbaikan dikarenakan meningkatnya zonasi daerah yang memiliki kadar polutan rendah masing- masing $<40,00 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan $<30,00 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Salah satu faktornya adalah menurunnya jumlah kendaraan di DKI Jakarta dan meningkatnya teknologi pada kendaraan agar ramah lingkungan seperti mengganti transjakarta menjadi standar mesin Uni- Eropa IV-V dari Uni-Eropa II, ISS (*Idling Stop System*) pada kendaraan motor dan teknologi yang sudah ada namun masih jarang di manfaatkan yaitu substitusi BBM menjadi BBG. Dilihat dari pola sebaran kadar polutan CO dan NO_2 dari tahun 2014-2018 tidak mengalami peningkatan kualitas udara namun mengalami perubahan zona daerah pada tahun 2014 Kota Jakarta Pusat yang memiliki kadar polutan tinggi namun pada tahun 2015-2018 berubah menjadi daerah Kota Jakarta Barat dikarenakan

banyaknya pembangunan gedung pemerintahan dan *mall-mall* besar. Khusus pola sebaran kadar polutan O₃ menunjukkan adanya penurunan kualitas udara di DKI Jakarta pada tahun 2016 dan 2018 dilihat dari semakin banyaknya zona daerah yang memiliki kadar polutan tinggi >150,00 µg/m³ yang bisa mengakibatkan infeksi pada saluran pernafasan dan iritasi pada mata.

5. Daftar Pustaka

- Apriawati, Eka dkk. (2017). Kajian Indeks Standar Polusi Udara (ISPU) Nitrogen Dioksida (NO₂) di Tiga Lokasi Kota Bandar Lampung. *Jurnal Ilmiah Analytical and Environmental Chemistry. Volume 2, No. 01, E- ISSN 2540-8267*, Bandar Lampung.
- BADAN PUSAT STATISTIK. (2015). *Pertumbuhan Produksi Industri Manufaktur Provinsi DKI Jakarta 2015*. BPS, Jakarta.
- BADAN PUSAT STATISTIK. (2017). *Pertumbuhan Produksi Industri Manufaktur Provinsi DKI Jakarta 2017*. BPS, Jakarta.
- BADAN PUSAT STATISTIK. (2018). *Provinsi DKI Jakarta Dalam Angka 2018*. BPS, Jakarta.
- BADAN PUSAT STATISTIK. (2018). *Statistik Transportasi DKI Jakarta*. BPS, Jakarta.
- Badan Pengelolaan Lingkungan Hidup Daerah. (2015). *Status Lingkungan Hidup Daerah Provinsi DKI Jakarta*. BBPLHD, Jakarta.
- Dinas Lingkungan Hidup (DLH) DKI Jakarta. (2019). *Indeks Standar Pencemar Udara*. Jakarta.
- Fernando, Julius Alex. (2017). Identifikasi Kontribusi Pencemaran PM₁₀ Menggunakan Metode Reseptor Chemical Mass Balance (CMB). *Jurnal Ilmiah Vol. 6 No. 2*. Universitas Diponegoro, Semarang.
- Ikhtiar, Muhammad. (2017). *Analisis Kualitas Lingkungan*. SIGn, Makasar.
- Irianto, Ketut. (2015). *Pencemaran Lingkungan*. Universitas Warmadewa, Bali.
- Kamal, Nahlah Mustafa. (2015). *Studi Tingkat Kualitas Udara Pada Kawasan Mall Panakukang Di Makasar*. Universitas Hsanudin, Makasar.
- KEPUTUSAN BAPEDAL No.107. (1997). *Perhitungan Dan Pelaporan Serta Informasi Indeks Standar Pencemar Udara*. KEPBAPEDAL, Jakarta.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup. (1997). *Indeks Standar Pencemar Udara*. KEPMENLH, Jakarta.
- PERATURAN PEMERINTAH. (1999). *Pengendalian Pencemaran Udara PP RI No.41/1999*, Jakarta.
- PERMENLHK. (2016). *Pedoman Nomenklatur Perangkat Daerah Provinsi Dan Kabupaten/Kota Yang Melaksanakan Urusan Pemerintahan Bidang Lingkungan Hidup Dan Urusan Pemerintahan Bidang Kehutanan*. MENLHKRI.
- Prabhandhari, Diah. (2014). Analisis Status Kualitas Udara Lima Kota Metropolitan Di Indonesia. *Skripsi Program Studi Teknik Sipil Dan Lingkungan*. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Rualinda, Yeni dkk. (2014). Analisis Kualitas Udara Ambien Kota Padang Akibat Pencemar Particulate Matter 10 µm (PM₁₀). *Jurnal Ilmiah Vol. 21 No 2 ISSN 0854-8471*, Padang.
- Sutriyani, Yani. (2014). *Pencemaran Lingkungan*. Ciputat, Tangerang.