



# Identifikasi Pengaruh Tingkat Kluster Industri Terhadap Konsentrasi Gas Emisi Di Kawasan Cikarang, Bekasi

*Identification Of The Influence Of The Industrial Cluster Level On The Concentration Of Emission Gases In The Cikarang Area, Bekasi*

## Caesaryo Arif Wibowo<sup>1</sup>

Department of Urban and Regional Planning,  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia

## Alfrida Ista Anindya

Department of Urban and Regional Planning,  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia

## Khafizh Salsabila Widya

Department of Urban and Regional Planning,  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia

## Eko Budi Santoso

Department of Urban and Regional Planning,  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia

Artikel Masuk : 17 Juni 2023

Artikel Diterima : 16 Oktober 2024

Tersedia Online : 31 Desember 2024

**Abstrak:** Tren perubahan iklim global menyebabkan sejumlah permasalahan lingkungan termasuk peningkatan emisi Gas Rumah Kaca (GRK) yang berakibat pada pemanasan global. Kawasan Industri Cikarang merupakan kawasan industri terbesar di Indonesia dan Asia Tenggara. Sektor industri menjadi salah satu sumber emisi GRK dimana kegiatan industri mendorong peningkatan emisi secara signifikan. Menyikapi permasalahan tersebut, studi ini bertujuan menganalisis keterkaitan perkembangan lahan industri terhadap emisi GRK di Cikarang. Metode pengumpulan data secara temporal tahun 2018-2022 serta secara sekunder: data emisi dari *Google Earth Engine*; data persebaran lahan industri dari *Open Street Map*. Analisis dilakukan dengan tahapan: 1) Menghitung proporsi lahan industri terhadap luas grid; 2) Mengidentifikasi kluster dengan *metode Anselin Local Moran's I*; 3) Mengidentifikasi korelasi dan pengaruh kluster industri terhadap emisi GRK dengan model regresi dan *Ordinary Leas Square (OLS)*. Temuan studi menunjukkan: 1) Persebaran proporsi grid industri mengalami perkembangan semakin banyak; 2) Kluster industri paling banyak terdapat di wilayah Cikarang Utara; 3) Perkembangan kluster industri berkorelasi positif

<sup>1</sup> Korespondensi Penulis: Department of Urban and Regional Planning, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia  
Email: caesaryoarifwibowo@gmail.com

maupun negatif terhadap jenis emisi yang berbeda di setiap tahunnya (Nitrogen Dioxide, Sulfur Dioxide, Formaldehyde, Carbon Monoxide). Dari hasil temuan studi terlihat bahwa perkembangan klaster industri berkorelasi terhadap produksi emisi GRK. Meskipun demikian, ditinjau dari hasil analisis OLS, model persamaan menunjukkan hasil yang bias (karena residu tidak terdistribusi normal) sehingga tidak layak digunakan untuk melakukan proyeksi di masa mendatang.

**Kata Kunci:** Emisi GRK; Kawasan Industri Cikarang; Klaster Industri; Korelasi

**Abstract:** *The trend of global climate change causes a number of environmental problems including an increase of Greenhouse Gas (GHG) emissions which result in global warming. Cikarang Industrial Estate is the largest industrial area in Indonesia and Southeast Asia. The industrial sector is one of the GHG emissions sources where industrial activities encourage a significant increase in emissions. Based on these problems, this study aims to analyze the correlation between the development of industrial land to GHG emissions in Cikarang. Methods of collecting data temporally for 2018-2022 and used secondary data: emissions data from Google Earth Engine; industrial land distribution data from Open Street Map. The analysis was carried out in stages: 1) Calculating the proportion of industrial land to grid area; 2) Identifying clusters with Moran's Anselin Local I method; 3) Identifying correlation and the impact of industrial clusters on GHG emissions with regression and Ordinary Least Square (OLS) models. Study findings show: 1) The distribution of the industrial grids proportion is developing over a period of time; 2) The most industrial clusters are found in the North Cikarang; 3) The development of industrial clusters is positively and negatively correlated with different types of emissions each year (Nitrogen Dioxide, Sulfur Dioxide, Formaldehyde, Carbon Monoxide). From the study findings, the development of industrial clusters is correlated with GHG emission production. However, from the results of OLS analysis, the equation model shows biased results (because residues are not normally distributed) so it is not feasible to use for future projections.*

**Keywords:** *Cikarang Industrial Estate; Correlation; GHG emissions; Industrial Cluster*

## Pendahuluan

Perubahan iklim global saat ini telah banyak menarik perhatian internasional, karena menyebabkan sejumlah permasalahan lingkungan (Wang et al., 2023). Adanya hal tersebut sudah lebih dari 6.000 kota di dunia mengembangkan rencana aksi untuk perubahan iklim, namun dari jumlah tersebut hanya mewakili seperlima dari jumlah perkotaan di dunia. World Bank dalam Rencana Aksi Perubahan Iklim, akan terdapat transisi menuju ekonomi rendah karbon dengan memberikan alokasi anggaran mencapai 35% untuk pembiayaan program perubahan iklim (*The World Bank*, 2021).

Terjadinya perubahan iklim salah satunya ditandai dengan terjadinya, pemanasan global yang terjadi karena adanya peningkatan Gas Rumah Kaca (GRK) di atmosfer dan hal tersebut menyebabkan terperangkapnya panas matahari (UN Indonesia, 2022). Menyikapi adanya kondisi perubahan iklim dan peningkatan emisi GRK, Indonesia pada *Nationally Determined Contribution* (NDC) Pertama Republik Indonesia, pasca-2020 menargetkan adanya penurunan emisi GRK *unconditional* sebesar 29% dan akan mencapai 41% dengan dukungan internasional. Selain itu, dalam rangka penurunan emisi GRK telah menyusun regulasi dan kebijakan meliputi Rencana Aksi Nasional Emisi GRK (RAN-GRK) dalam Perpres No. 61/2011 dan pada Perpres No. 71/2011 tentang Inventarisasi GRK. Kemudian Gas Rumah Kaca menurut *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) diklasifikasikan dalam enam kategori menurut sumbernya, yaitu sektor energi, Penggunaan zat pelarut dan produk lainnya, proses industri, pertanian, tata guna lahan dan kehutanan serta limbah (IPCC, 2006). Pada penelitian ini akan lebih berfokus terkait emisi GRK yang bersumber dari tata guna lahan industri. Dalam penelitian oleh Zhang et al., (2018) ditemukan adanya korelasi positif antara tata guna lahan perkotaan dengan produksi emisi, adanya hal tersebut menunjukkan bahwa perluasan kawasan terbangun

perkotaan dengan kegiatan industri adalah pendorong yang signifikan peningkatan produksi emisi.

Revolusi industri 1.0, yang pertama kali dikenal pada tahun 1750-an di Inggris, memulai perubahan dalam sejarah, yaitu yang awalnya seluruh kegiatan bergantung dengan tenaga manusia dan hewan mulai digantikan dengan adanya kemunculan mesin (Anggraeni, 2021), serta revolusi industri tersebut juga berkembang hingga revolusi industri 4.0 dan revolusi industri 5.0, yang mengintegrasikan teknologi yang pesat dan integrasi dengan *Internet of Things* (Tuti, 2021). Di kota-kota seperti Bangalore, Shenzhen, atau Singapura, fokus pengembangan ekonomi telah beralih dari investasi dalam infrastruktur fisik menjadi promosi daya saing klaster industri, keterampilan tingkat tinggi, dan pengurangan biaya transaksi bisnis. Klaster Industri: dengan internasionalisasi ekonomi, kota-kota Asia cenderung menuju aglomerasi industri (Choe & Roberts, 2011). Kendati demikian, perkembangan klaster industri juga berpengaruh secara signifikan terhadap peningkatan emisi dan polusi (B. Xu & Lin, 2015; Yu et al., 2022a). Adanya klaster industri berkaitan dengan terjadinya aglomerasi ekonomi di suatu wilayah, dengan terjadinya aglomerasi ekonomi dalam Hong et al., (2019) peningkatan konsumsi energi dan dampak lingkungan salah satunya berupa peningkatan produksi emisi.

Klaster industri banyak berkembang di berbagai negara, termasuk Indonesia. Indonesia memiliki beberapa klaster industri, salah satu merupakan Kawasan Industri Cikarang yang termasuk sebagai kawasan industri terbesar di Indonesia dan dikategorikan sebagai kota Industri terbesar yang ada di Asia Tenggara. Perkembangan kawasan Industri Cikarang saat ini telah didorong untuk "*Transitioning Industrial Clusters towards Net Zero*" yang bekerja sama dengan *Accenture* dan EPRI (Nawawi, 2022). Dengan adanya komitmen tersebut, namun berdasarkan beberapa penelitian terkait Kawasan Industri Cikarang masih belum terdapat penelitian yang mengkaji terkait topik dampak perkembangan atau perluasan lahan industri pada produksi emisi karbon. Padahal studi tentang emisi karbon dalam penggunaan lahan merupakan salah satu isu penting untuk penelitian khususnya pada topik ini pada jenis penggunaan lahan industri (Wang et al., 2023). Dengan adanya sisi kosong dan peluang potensial pada isu tersebut, maka pada penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk menilai bagaimana dampak perkembangan penggunaan lahan untuk klaster industri Cikarang terhadap produksi emisi.

## Metode Penelitian

### *Metode Pengumpulan Data*

Data sekunder, yaitu data yang diperoleh secara tidak langsung dari objek penelitian, digunakan dalam penelitian ini, dengan terdapat dua sumber utama perolehan data, yaitu *Google Earth Engine* dan *Open Street Map*. Pengumpulan data yang berasal dari *Google Earth Engine* dilakukan untuk memperoleh data-data emisi secara spatio-temporal di Kawasan Industri Cikarang. Penggunaan data sekunder dari *Google Earth Engine* untuk memperoleh data emisi telah banyak dilakukan dari studi sebelumnya, seperti yang dilakukan oleh Rahaman et al. (2023) untuk memperoleh data konsentrasi NO<sub>2</sub>; Haque et al. (2022) untuk memperoleh data CO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, dan AOD; Ghasempour et al. (2021) untuk memperoleh data NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, AOD; maupun yang dilakukan oleh peneliti-peneliti lain, yang secara umum data tersebut diperoleh dari citra Sentinel-5P dan terdapat pula yang menggunakan citra MODIS. Berdasarkan tujuan penelitian, data yang dikoleksi pada penelitian ini terdiri dari data SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, dan Formaldehyde, untuk mengukur tingkat emisi di Kawasan Industri Cikarang secara *spatio-temporal*. Adapun data yang diperoleh dari *Open Street Map* merupakan data spasial terkait persebaran lahan industri di Kawasan Industri Cikarang. Adapun data yang diperoleh terdiri dari data mulai tahun 2018 hingga 2022, yang akan diolah dengan metode analisis berbasis *spatio-temporal*.

### Metode Analisis

Dalam menentukan pengaruh kluster industri terhadap konsentrasi gas emisi, langkah pertama perlu mengidentifikasi sebaran dan proporsi luas bangunan-bangunan industri. Perhitungan ini menggunakan batas administrasi yang dibagi ke dalam *grid* 100 meter untuk membantu memetakan wilayah-wilayah yang memiliki sebaran industri maupun tidak. Berdasarkan pembagian *grid* 100 meter tersebut, kemudian dilakukan "intersect" dengan lahan industri, untuk menghitung proporsi luas lahan industri terhadap luas setiap *grid* tersebut, sehingga diketahui sebaran dan proporsi luas lahan industri berdasarkan *grid-grid* yang akan digunakan pada analisis berikutnya.

Pembagian wilayah ke dalam *grid hexagonal* telah digunakan oleh berbagai penelitian dan terbukti bahwa tata letak dan ukuran *grid* yang dipilih paling efisien untuk bentuk heksagonal dan memiliki profil *grid* sedekat mungkin dengan profil *grid* atas dasar (Metarapi & van Elteren, 2023). Adapun pemilihan ukuran 100 meter merupakan justifikasi penelitian untuk membagi wilayah ke dalam ukuran-ukuran kluster yang sesuai dengan ukuran sel data emisi (1000 meter), namun terbagi ke dalam jumlah *grid* yang mencukupi.

Adapun perhitungan proporsi luas lahan industri merupakan perhitungan statistika dasar dengan membandingkan luas suatu lahan industri terhadap luas *grid*. Sehingga, dari rumus tersebut akan diperoleh proporsi lahan industri yang tersebar dan terbagi berdasarkan *grid* 100 meter. Berikut merupakan rumus yang digunakan.

$$\text{Proporsi Lahan Industri} = \frac{\text{Luas Lahan Industri}_i}{\text{Luas Grid}_i}$$

Setelah itu, penelitian ini menggunakan metode statistik *Anselin Local Moran's I*, yang juga dikenal sebagai analisis kluster dan *outliers*. Analisis dapat mengidentifikasi dan menemukan konsentrasi nilai tinggi dan rendah, serta adanya *outlier* spasial (Singh et al., 2022), sehingga dapat diketahui *grid-grid* yang menunjukkan adanya kluster industri. Pada penelitian ini, analisis *Anselin Local Moran' I* dilakukan dengan menggunakan *software ArcGIS*, yang akan menghasilkan 4 jenis kluster dan *outliers*, antara lain:

- *High-High clusters*: Distrik dengan nilai tinggi dikelilingi oleh distrik lain dengan nilai tinggi yang sebanding, juga dikenal sebagai *hot spot*.
- *Low-Low clusters*: Distrik dengan nilai rendah dikelilingi oleh distrik lain dengan nilai rendah yang sebanding, juga dikenal sebagai titik dingin.
- *High-Low outliers*: Distrik bernilai tinggi dikelilingi oleh tetangga bernilai rendah.
- *Low-High outliers*: Distrik bernilai rendah dikelilingi oleh tetangga bernilai tinggi.

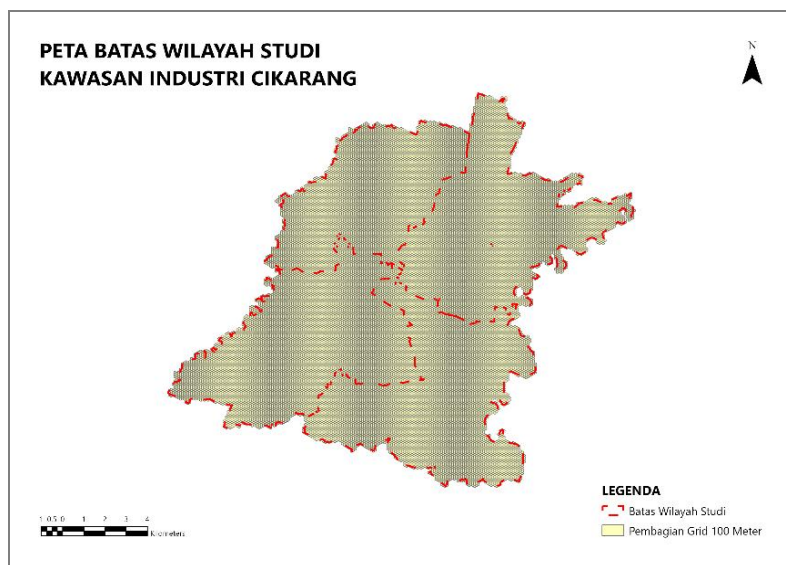
Dan pada akhirnya, penelitian ini menggunakan model regresi untuk mengidentifikasi korelasi dan pengaruh adanya kluster industri terhadap konsentrasi gas emisi di Kawasan Industri Cikarang. Metode regresi yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu model *Ordinary Least Squares*, merupakan metode regresi sederhana dan dapat menjelaskan hubungan variabel terikat (dependen) dengan variabel bebas (independen) yang diasumsikan independen satu sama lain atau pengaruh lainnya (Singh et al., 2022).

### Hasil dan Pembahasan

#### *Gambaran Umum Wilayah Studi dan Kluster Industri Cikarang*

Kabupaten Bekasi merupakan salah satu kabupaten yang berada di Provinsi Jawa Barat, Indonesia. Kabupaten Bekasi berbatasan langsung dengan Kota Bekasi dan Kota Depok di barat, Kabupaten Bogor di selatan, Kabupaten Karawang di timur, dan Kabupaten Purwakarta di utara. Kemudian Kabupaten Bekasi ini memiliki luas wilayah sebesar 1.224,88 km<sup>2</sup> dan pada tahun 2020 tercatat memiliki jumlah penduduk sekitar

3.800.000 jiwa. Selain itu, Kabupaten Bekasi juga terkenal sebagai daerah dengan kawasan industri yang besar dan berkembang pesat di Indonesia.



**Gambar 1. Peta Batas Wilayah Studi Kawasan Industri Cikarang**

Menurut data Kementerian Perindustrian hingga 2021, terdapat 10 kawasan industri dan zona industri potensial di Kabupaten Bekasi yang terbesar di Asia Tenggara termasuk Kawasan industri Cikarang. Kawasan industri Cikarang sangat potensial dimana terdapat 2.125 unit pabrik dari 25 negara di dunia. Saat ini terdapat 7 kawasan industri yang berada di Cikarang, yaitu kawasan Industri Jababeka I, Jababeka II, MM2100, Delta Silicon I, delta Silicon II, EJIP, dan BIIE (mei-karta.com/blog/kawasan-industri-Cikarang-paling-terkenal).

**a) Kawasan Industri Jababeka**

PT Jababeka Tbk bertujuan untuk menawarkan dan meningkatkan pengembangan kawasan komersial dan *residensial*, serta menyediakan layanan infrastruktur dan manajemen estate *Jababeka Residence*, dengan tujuan menciptakan kota industri yang mandiri. Jababeka memiliki tiga pilar bisnis yang saling mendukung, yaitu: (1) pengembangan properti, (2) infrastruktur dan jasa, dan (3) layanan rekreasi dan perhotelan. Visi perusahaan adalah menciptakan kota modern yang mandiri di setiap provinsi di Indonesia dan memberikan peluang kerja yang lebih baik. Untuk mencapai visi ini, Jababeka memiliki 3 misi, yaitu: (1) Berkolaborasi dengan pemerintah setempat dan mitra strategis untuk mengembangkan konsep investasi yang inovatif sesuai dengan perkembangan teknologi terkini; (2) Menyediakan sumber daya manusia dan infrastruktur fisik untuk mendukung pembangunan kota; (3) Secara aktif mempromosikan ekspansi grup kepada perusahaan multinasional ([www.jababeka.com](http://www.jababeka.com)).

**b) Kawasan Industri MM2100**

Kawasan industri MM2100 dikembangkan oleh PT. Pengembangan Industri Megalopolis Manunggal (PT. MMID), terletak di kawasan utama Kabupaten Cikarang Barat. Industri ini berfokus pada pengelolaan aspek lingkungan, energi, keselamatan dan kesehatan kerja, serta uji laboratorium. Kawasan industri ini telah menjadi pusat industri manufaktur yang menampung lebih dari 1.100 perusahaan, termasuk perusahaan-perusahaan di bidang otomotif, elektronik, dan farmasi. Visi yang dibawa adalah menjadi penyedia kawasan industri terkemuka di Asia Tenggara berdasarkan prinsip keadilan, inovasi, dan harmoni. Untuk mencapai visi

tersebut, misi yang dibawa meliputi: (1) Menyediakan fasilitas dan layanan pendukung yang andal, efisien, dan ramah lingkungan; (2) Menerapkan sistem manajemen dan pelayanan terpadu; (3) Andal dalam menjaga lingkungan bisnis yang kondusif; serta (4) Menciptakan nilai terbaik bagi pemangku kepentingan dan kepedulian terhadap kesadaran sosial dan pemberdayaan masyarakat ([mm2100.co.id/company](http://mm2100.co.id/company)).

**c) Kawasan Industri Delta Silicon**

Kawasan industri Delta Silicon merupakan bagian dari PT Lippo Cikarang Tbk. yang bergerak di sektor real estat; konstruksi; pengangkutan; perdagangan; pengelolaan air, limbah, dan sampah; aktivitas remediasi; serta dukungan ketenagakerjaan dan bisnis lainnya. Visi utama adalah membentuk kawasan perkotaan yang komprehensif dan menciptakan lingkungan yang mendukung untuk tempat tinggal, bekerja, dan *lifestyle*. Untuk mencapai visi tersebut, misi yang diusung adalah menjadi pengembang kawasan perkotaan terkemuka di Indonesia dengan fokus pada sektor industri, komersial dan *residensial*. Adapun investasi di bidang infrastruktur, fasilitas umum, dan manajemen perkotaan merupakan strategi perusahaan untuk mempertahankan pangsa pasar, nilai tambah, margin tinggi dan daya saing yang kuat ([www.lippo-cikarang.com](http://www.lippo-cikarang.com)).

**d) Kawasan Industri EJIP**

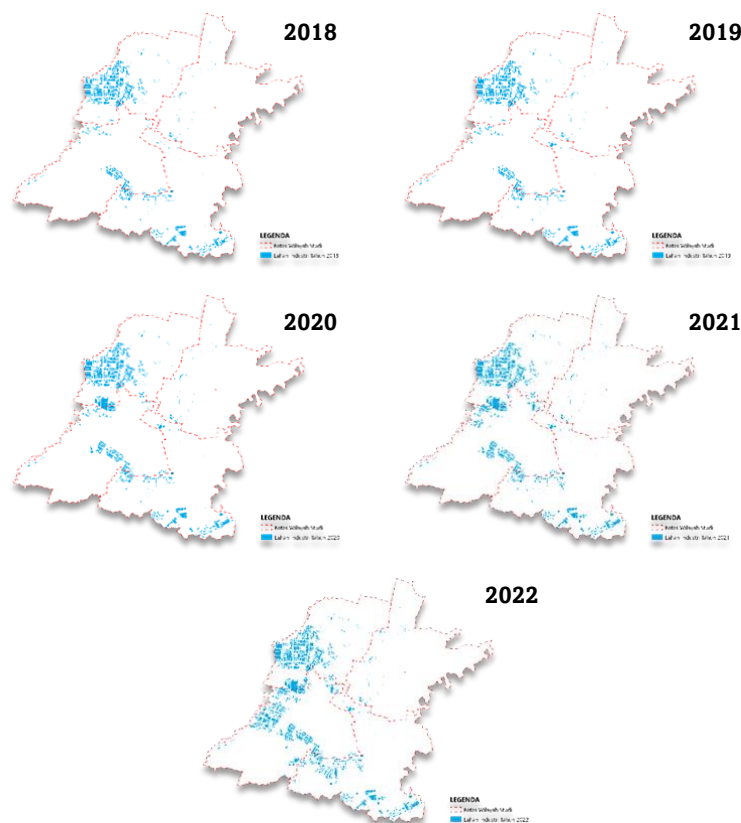
PT East Jakarta Industrial Park (EJIP) bergerak di bidang air industri dimana air yang diproduksi oleh EJIP hanya dialirkan untuk perusahaan-perusahaan di dalam kawasan EJIP, air yang di produksi dan dialirkan berasal dari sungai yang mengalir di pinggir kawasan PT EJIP, lalu air tersebut diolah atau didaur ulang menjadi air bersih yang siap dialirkan ke perusahaan-perusahaan. Misi yang dibawa adalah menjadi kawasan industri terkemuka di Asia, senantiasa unggul dalam memenuhi kepuasan pelanggan, mengatasi perubahan, menciptakan nilai tambah, memberikan layanan bermutu tinggi, tumbuh dan berkontribusi bersama dengan penyewa, pemegang saham, dan karyawan, serta selaras dengan masyarakat dan lingkungan Indonesia.. Pengimplementasian misi tersebut untuk mewujudkan visinya: *"Be A Leader And Keep The Spirit Of New Vision"* ([www.ejip.co.id](http://www.ejip.co.id)).

**e) Kawasan Industri BIIE**

Industri BIIE bergerak di bidang manufaktur, pengecoran besi, kemasan plastik, elektronik, radiator, kain dan garmen, Kawasan industri Bekasi International Industrial Estate (BIIE) atau populer dikenal sebagai kawasan industri Hyundai merupakan hasil kerja sama antara PT Lippo Cikarang Tbk dengan Hyundai Corporation (Korea Selatan) ([mei-karta.com/blog/kawasan-industri-hyundai-cikarang](http://mei-karta.com/blog/kawasan-industri-hyundai-cikarang)).

***Peresebaran Lahan Industri Secara Spatio-temporal***

Kawasan Industri Cikarang yang merupakan salah satu kawasan industri terbesar di Asia Tenggara, dari tahun ke tahun terus mengalami perkembangan. Berdasarkan data *Open Street Map* persebaran lahan industri di Kecamatan Cikarang mulai dari tahun 2017-2022 terus mengalami perubahan. Pada tahun pada tahun 2018 seluas 598,88 hektar, pada tahun 2019 seluas 616,36 hektar, pada tahun 2020 seluas 733,08 hektar, pada tahun 2021 seluas 827,31 hektar dan pada tahun 2022 menjadi seluas 1019,97 hektar. Berikut merupakan peta-peta yang menunjukkan perkembangan lahan industri di Kawasan Industri Cikarang.



Sumber: Open street Map, 2018-2022

**Gambar 2. Peta Persebaran Lahan Industri di Kecamatan Cikarang Tahun 2018-2022**

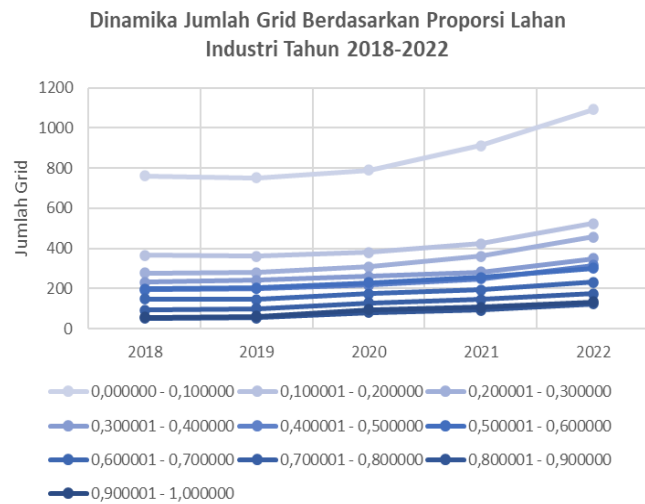
**Proporsi Lahan Industri Pada Tiap Grid 100 Meter**

Berdasarkan data persebaran bangunan industri yang telah diperoleh sebelumnya untuk tahun 2017-2022, kemudian dilakukan perhitungan proporsi lahan industri untuk setiap grid 100 meter x 100 meter di Kecamatan Cikarang. Proporsi grid lahan industri pada tahun 2018 hingga tahun 2022 terdapat pada rentang 0-1 atau menunjukkan proporsi 0-100%. Perubahan jumlah grid sesuai dengan kelas proporsinya sebagai berikut.

**Tabel 1. Dinamika jumlah grid berdasarkan proporsi lahan industri tahun 2018-2022**

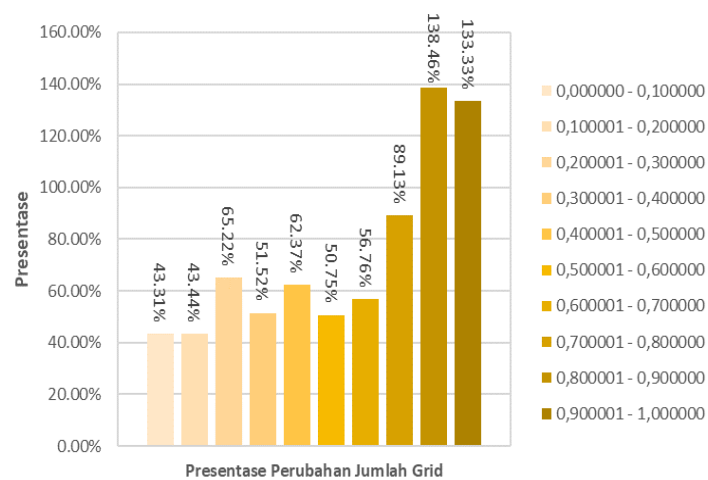
Proporsi Lahan Industri	Jumlah Grid				
	2018	2019	2020	2021	2022
0,000000 - 0,100000	762	751	790	911	1092
0,100001 - 0,200000	366	362	380	422	525
0,200001 - 0,300000	276	280	308	361	456
0,300001 - 0,400000	231	241	261	281	350
0,400001 - 0,500000	194	201	217	248	315
0,500001 - 0,600000	199	203	228	256	300

0,600001 - 0,700000	148	146	175	192	232
0,700001 - 0,800000	92	99	129	146	174
0,800001 - 0,900000	52	55	81	93	124
0,900001 - 1,000000	57	62	95	106	133



**Gambar 3. Grafik Dinamika Jumlah *Grid* Berdasarkan Proporsi Lahan Industri Tahun 2018-2023 di Kecamatan Cikarang**

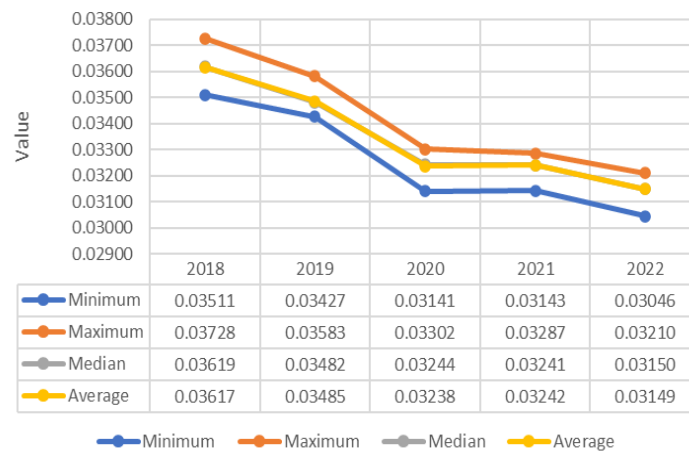
Berdasarkan tabel dan grafik di atas, diketahui bahwa jumlah grid lahan industri berdasarkan klasifikasi proporsi sebagaimana di atas cenderung mengalami peningkatan pada setiap tahunnya, di mana peningkatan tersebut paling tinggi dialami oleh klasifikasi 0,9 atau 90% lahan industri pada setiap grid, yaitu meningkat hingga 138,46% dari tahun 2018 ke tahun 2022. Secara lebih rinci, peningkatan dari jumlah grid lahan industri berdasarkan klasifikasi proporsinya dapat dilihat pada grafik berikut.



**Gambar 4. Grafik Presentase Perubahan Jumlah Grid Lahan Industri Berdasarkan Klasifikasi Proporsi Antara Tahun 2018 Dan 2022**



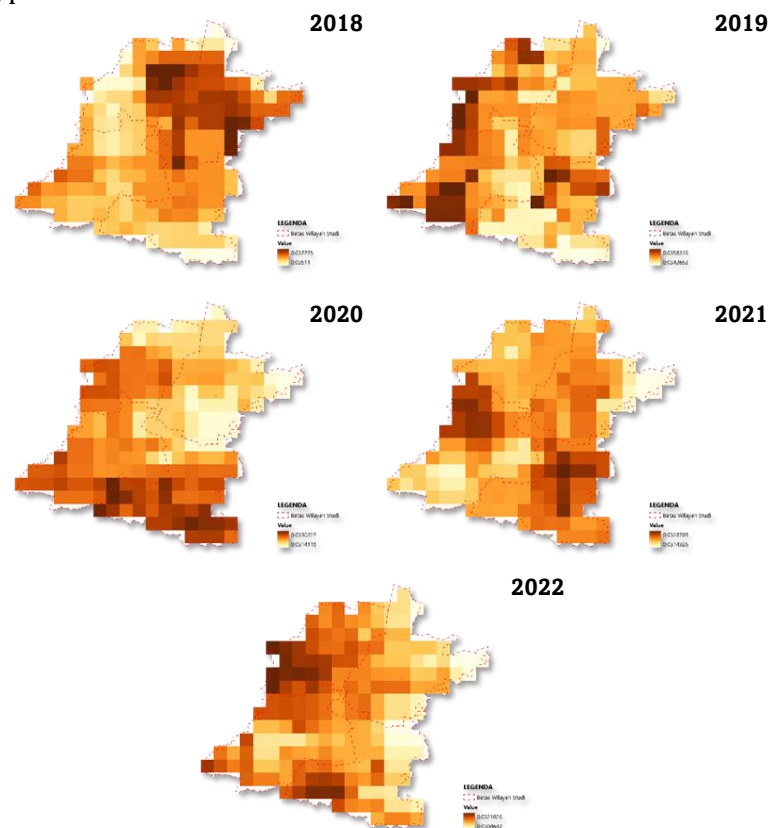




Sumber: Google Earth Engine, 2018-2022

**Gambar 6. Grafik Dinamika Konsentrasi Gas Carbon Monoxide Di Kawasan Industri Cikarang Pada Tahun 2018-2022**

Adapun persebaran secara spasial, gas carbon monoxide mengalami konsentrasi yang berubah setiap tahunnya dan tidak menunjukkan pola tertentu. Berikut disajikan peta-peta yang menunjukkan persebaran konsentrasi gas carbon monoxide di Kawasan Industri Cikarang pada tahun 2018-2022.

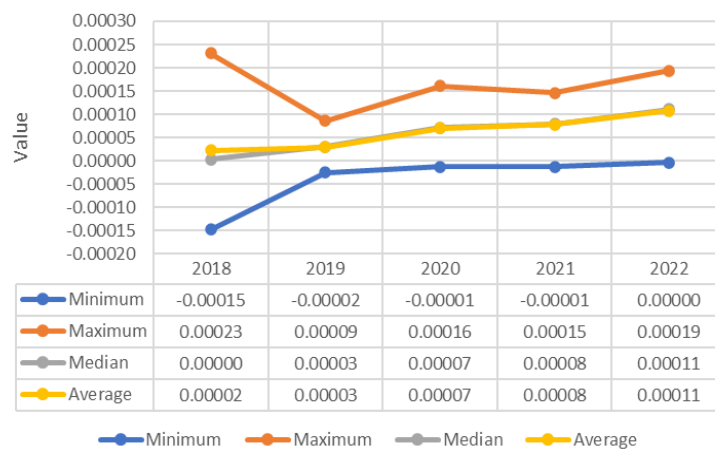


Sumber: Google Earth Engine, 2018-2022

**Gambar 6. Peta Persebaran Gas Carbon Monoxide Tahun 2018-2022 Di Kawasan Industri**

2. Gas Sulfur Dioxide

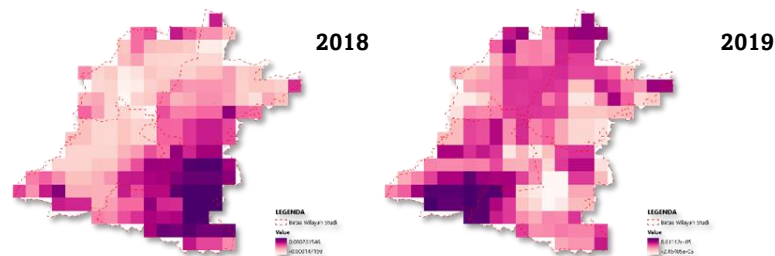
Adapun konsentrasi gas sulfur dioxide di Kawasan Industri Cikarang dari tahun 2018 sampai tahun 2022 secara statistik rata-rata cenderung mengalami kenaikan. Berdasarkan data eksisting, gas sulfur dioxide pada tahun 2018 memiliki rentang -0,000147193-0,000231546 mol/m<sup>2</sup>, tahun 2019 pada rentang -2,46405E-05-8,61112E-05 mol/m<sup>2</sup>, tahun 2020 pada rentang -1,2318E-05-0,000161371 mol/m<sup>2</sup>, tahun 2021 pada rentang -1,28682E-05-0,000146687 mol/m<sup>2</sup>, dan tahun 2022 pada rentang -3,57065E-05-0,000194258 mol/m<sup>2</sup>. Berdasarkan hasil perhitungan statistik dengan membandingkan konsentrasi gas SO<sub>2</sub> pada tahun 2018 dan tahun 2022, nilai minimum konsentrasi gas SO<sub>2</sub> mengalami penurunan hingga 97,57%, sedangkan nilai maksimum menurun sebesar 16,10%, namun nilai median mengalami peningkatan sebesar 3859,41%, dan nilai rata-rata mengalami kenaikan sebesar 383,90%. Berikut disajikan untuk grafik yang menunjukkan dinamika konsentrasi gas SO<sub>2</sub> di Kawasan Industri Cikarang.

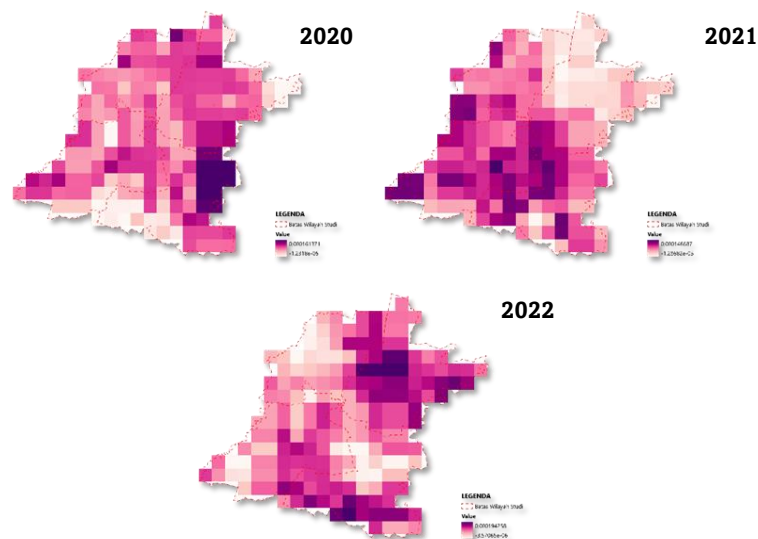


Sumber: Google Earth Engine, 2018-2022

**Gambar 6. Grafik Dinamika Konsentrasi Gas Sulfur Dioxide Di Kawasan Industri Cikarang Pada Tahun 2018 2022**

Adapun persebaran secara spasial, gas sulfur dioxide mengalami konsentrasi yang berubah setiap tahunnya dan tidak menunjukkan pola tertentu. Berikut disajikan peta-peta yang menunjukkan persebaran konsentrasi gas sulfur dioxide di Kawasan Industri Cikarang pada tahun 2018-2022.



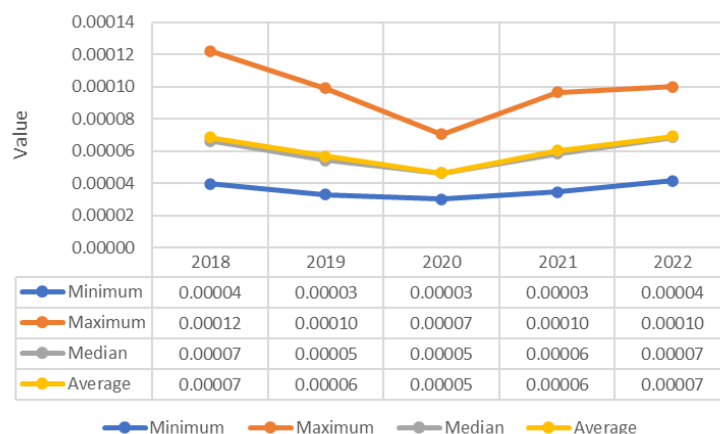


Sumber: Google Earth Engine, 2018-2022

**Gambar 6. Peta Persebaran Gas Carbon Monoxide Tahun 2018 2022 Di Kawasan Industri Cikarang**

### 3. Gas Nitrogen Dioxide

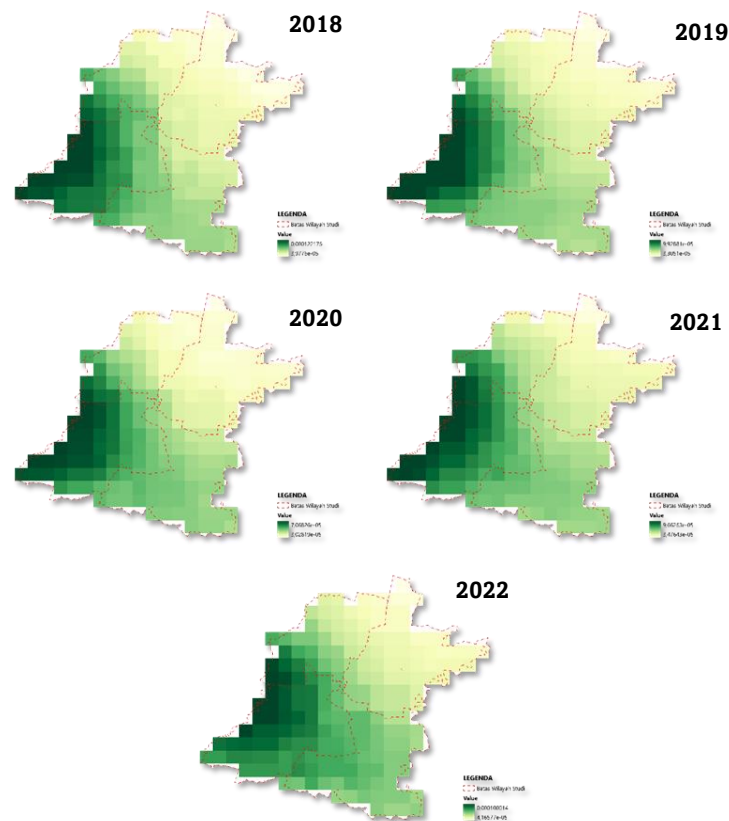
Konsentrasi gas nitrogen dioxide di Kawasan Industri Cikarang dari tahun 2018 sampai tahun 2022 secara statistik rata-rata cenderung mengalami kenaikan secara keseluruhan. Berdasarkan data eksisting, gas nitrogen dioxide pada tahun 2018 memiliki rentang  $-3,9776E-05-0,000122175$  mol/m<sup>2</sup>, tahun 2019 pada rentang  $3,3051E-05-9,92881E-05$  mol/m<sup>2</sup>, tahun 2020 pada rentang  $3,02819E-05-7,06826E-05$  mol/m<sup>2</sup>, tahun 2021 pada rentang  $3,47643E-05-9,66263E-05$  mol/m<sup>2</sup>, dan tahun 2022 pada rentang  $4,16577E-05-0,000100014$  mol/m<sup>2</sup>. Berdasarkan hasil perhitungan statistik dengan membandingkan konsentrasi gas NO<sub>2</sub> pada tahun 2018 dan tahun 2022, nilai minimum konsentrasi gas NO<sub>2</sub> mengalami kenaikan hingga 4,73%, nilai median naik sebesar 3,49%, nilai rata-rata naik sebesar 1,06%, sedangkan nilai maksimum menurun sebesar 18,14%. Berikut disajikan untuk grafik yang menunjukkan dinamika konsentrasi gas NO<sub>2</sub> di Kawasan Industri Cikarang.



Sumber: Google Earth Engine, 2018-2022

**Gambar 6. Grafik Dinamika Konsentrasi Gas Nitrogen Dioxide Di Kawasan Industri Cikarang Pada Tahun 2018 2022**

Adapun persebaran secara spasial, gas nitrogen dioxide mengalami adanya konsentrasi di Barat Daya Kawasan Industri Cikarang, tepatnya bagian barat dari kawasan Cikarang Selatan dan Cikarang Utara. Berikut disajikan peta-peta yang menunjukkan persebaran konsentrasi gas nitrogen dioxide di Kawasan Industri Cikarang pada tahun 2018-2022.



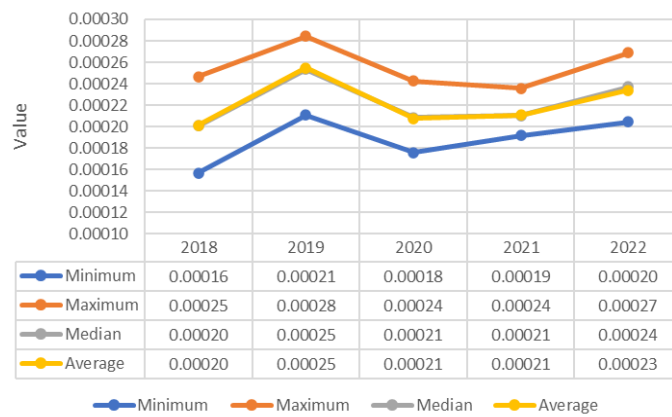
Sumber: Google Earth Engine, 2018-2022

**Gambar 6. Peta Persebaran Gas Nitrogen Dioxide Tahun 2018 2022 Di Kawasan Industri Cikarang**

#### 4. Gas Formaldehyde

Konsentrasi gas formaldehyde di Kawasan Industri Cikarang dari tahun 2018 sampai tahun 2022 secara statistik rata-rata cenderung mengalami kenaikan secara keseluruhan. Berdasarkan data eksisting, gas formaldehyde pada tahun 2018 memiliki rentang 0,000156872-0,000246631 mol/m<sup>2</sup>, tahun 2019 pada rentang 0,000211018-0,000284087 mol/m<sup>2</sup>, tahun 2020 pada rentang 0,000175952-0,000242441 mol/m<sup>2</sup>, tahun 2021 pada rentang 0,000191573-0,000235672 mol/m<sup>2</sup>, dan tahun 2022 pada rentang 0,000204425- 0,000269085 mol/m<sup>2</sup>.

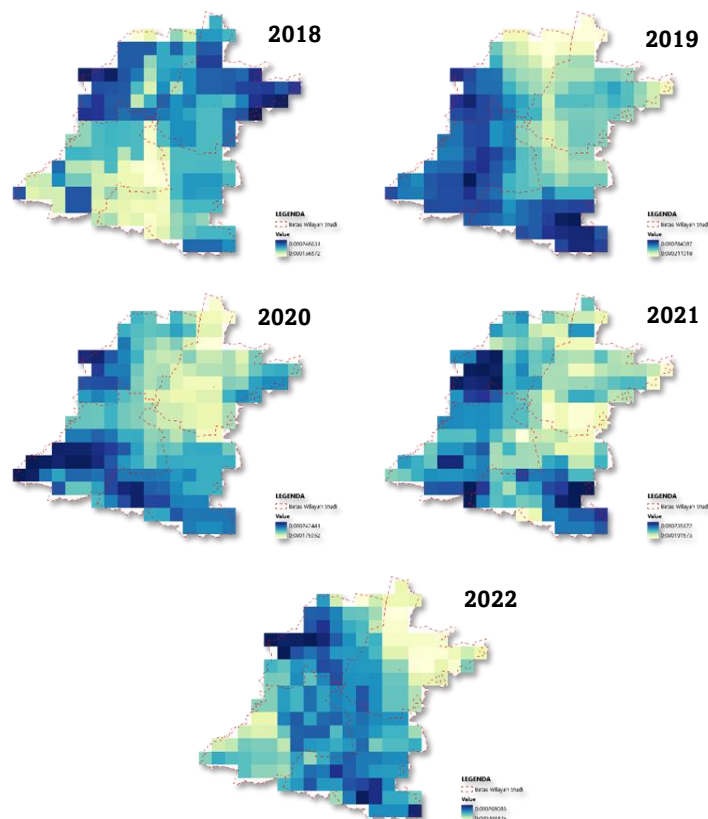
Berdasarkan hasil perhitungan statistik dengan membandingkan konsentrasi gas formaldehyde pada tahun 2018 dan tahun 2022, nilai minimum konsentrasi gas formaldehyde mengalami kenaikan hingga 30,31%, nilai minimum naik sebesar 9,10%, nilai median naik sebesar 18,07%, dan nilai rata-rata naik sebesar 16,26%, Berikut disajikan untuk grafik yang menunjukkan dinamika konsentrasi gas formaldehyde di Kawasan Industri Cikarang.



Sumber: Google Earth Engine, 2018-2022

**Gambar 6. Grafik Dinamika Konsentrasi Gas Formaldehide Di Kawasan Industri Cikarang Pada Tahun 2018-2022**

Adapun persebaran secara spasial, gas formaldehide mengalami konsentrasi yang berubah setiap tahunnya dan tidak menunjukkan pola tertentu. Berikut disajikan peta-peta yang menunjukkan persebaran konsentrasi gas sulfur dioxide di Kawasan Industri Cikarang pada tahun 2018-2022.

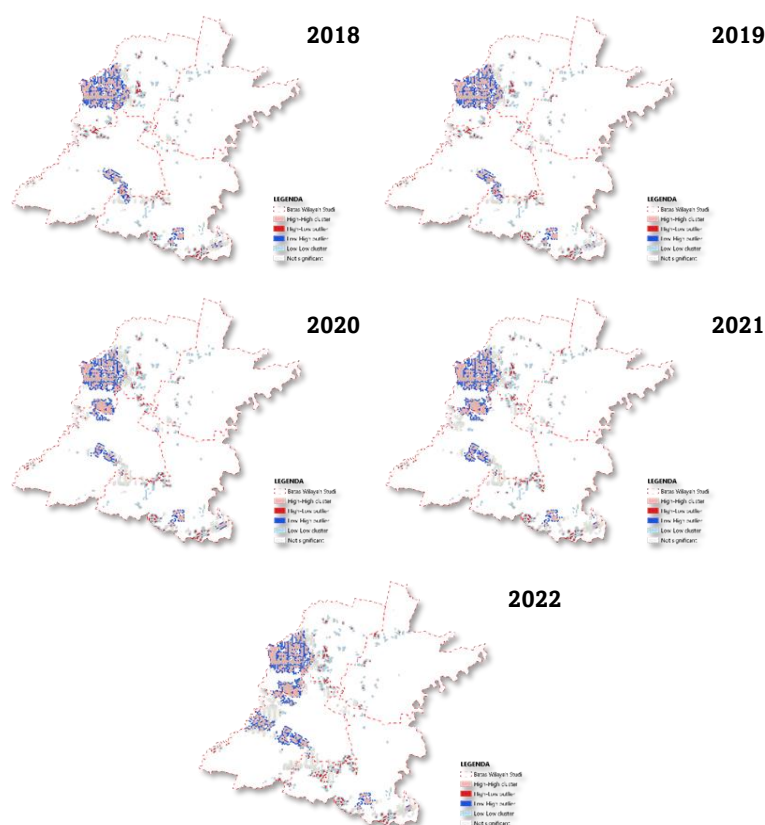


Sumber: Google Earth Engine, 2018-2022

**Gambar 6. Peta Persebaran Gas Formaldehide Tahun 2018 2022 Di Kawasan Industri Cikarang**

### Hasil Analisis Anselin Local Moran's I

Untuk mengidentifikasi lokasi-lokasi yang terbentuk cluster industri di Kecamatan Cikarang dilakukan dengan analisis *Anselin Local Moran's I*. Berdasarkan hasil *Anselin Local Moran's I* dapat diketahui lokasi-lokasi cluster industri yang teridentifikasi sebagai area high-high di Kecamatan Cikarang pada tahun 2017-2022. Cluster Industri yang terbentuk dari tahun 2017-2022 cenderung mengalami perubahan dan menunjukkan adanya perkembangan cluster industri yang semakin banyak. Mulai dari tahun 2017-2022 lokasi yang paling banyak teridentifikasi terdapat cluster industri adalah Cikarang Utara. kemudian jika dibandingkan dengan kondisi eksisting dari tahun 2017-2022 lokasi tersebut diketahui juga memiliki proporsi penggunaan lahan untuk kegiatan industri paling besar.



Sumber: Google Earth Engine, 2018-2022

**Gambar 6. Peta Hasil Analisis Anselin Local Moran's I Industri di Kecamatan Cikarang**

### Hasil Analisis Ordinary Least Square

Berdasarkan hasil analisis OLS atau Ordinary Least Square perkembangan Kluster Industri Cikarang dari uji-uji statistik yang dilakukan, hanya mempunyai pengaruh pada beberapa emisi untuk setiap tahunnya. Berikut penjelasan untuk produksi emisi apa saja yang dipengaruhi besarnya karena perkembangan Kluster Industri Cikarang untuk setiap tahunnya pada 2018 sampai 2022.

- **Produksi Emisi dan Perkembangan Kluster Industri Cikarang 2018**

Hasil analisis OLS menunjukkan perkembangan Kluster Industri Cikarang tahun 2018 mempengaruhi produksi emisi gas Sulfur Dioxide. Dengan variabel terikat gas Sulfur Dioxide serta variabel bebas berupa nilai proporsi industri pada tahun 2018 menunjukkan adanya hasil yang lolos uji statistic Robust Probability dan Joint

Wald Statistic Prob degrees of freedom, serta mempunyai nilai adjusted R-Square 0,0046%. Dari hasil analisis tersebut juga dapat diketahui jika klaster industri 2018 mengalami perkembangan memiliki pengaruh positif menambah produksi emisi gas Sulfur Dioxide sebesar 0,000046 mol/m<sup>2</sup>. Dan apabila ditinjau pada data yang ada juga menunjukkan pola ketika semakin tinggi proporsi industri pada suatu area, di area tersebut untuk data persebaran gas sulfur dioxide juga menunjukkan konsentrasi yang tinggi dibanding area yang lain. Berikut merupakan rumus yang dihasilkan dari analisis OLS tersebut.

$$SO2_{2018} = -0,000065 + (0,000046 * Proportion_{2018})$$

- **Produksi Emisi dan Perkembangan Klaster Industri Cikarang 2019**

Hasil analisis OLS menunjukkan perkembangan Klaster Industri Cikarang tahun 2019 mempengaruhi produksi emisi gas Formaldehide. Dengan variabel terikat gas Formaldehide serta variabel bebas berupa nilai proporsi indsutri pada tahun 2019 menunjukkan adanya hasil yang lolos uji statistic Proorstion Probability dan Joint F Staistic Prob degrees of freedom, serta mempunyai nilai adjusted R-Square 1,01%. Dari hasil analisis tersebut juga dapat diketahui jika klaster industri 2019 mengalami perkembangan memiliki pengaruh positif menambah produksi emisi gas Formaldehide sebesar 0,000003 mol/m<sup>2</sup>. Dan apabila ditinjau pada data yang ada juga menunjukkan pola ketika semakin tinggi poporsi industri pada suatu area, di area tersebut untuk data persebaran gas Formaldehide juga menunjukkan konsentrasi yang tinggi dibanding area yang lain. Berikut merupakan rumus yang dihasilkan dari analisis OLS tersebut.

$$Formaldehide_{2019} = 0,000268 + (0,000003 * Proportion_{2019})$$

- **Produksi Emisi dan Perkembangan Klaster Industri Cikarang 2020**

Hasil analisis OLS menunjukkan perkembangan Klaster Industri Cikarang tahun 2020 mempengaruhi produksi emisi gas Nitrogen Dioxide. Dengan variabel terikat gas Nitrogen Dioxide serta variabel bebas berupa nilai proporsi industri pada tahun 2020 menunjukkan adanya hasil yang lolos uji statistic Proportion Robust Probability dan Joint Wald Statistic Prob degrees op freedom, serta mempunyai nilai adjusted R-Square 0,58%. Dari hasil analisis tersebut juga dapat diketahui jika klaster industri 2020 mengalami perkembangan memiliki pengaruh positif menambah produksi emisi gas Nitrogren Dioxide sebesar 0,000003 mol/m<sup>2</sup>. Dan apabila ditinjau pada data yang ada juga menunjukkan pola ketika semakin tinggi proporsi industri pada suatu area, di area tersebut untuk data persebaran gas NO2 juga menunjukkan konsentrasi yang tinggi dibanding area yang lain. Berikut merupakan rumus yang dihasilkan dari analisis OLS tersebut.

$$NO2_{2020} = 0,000053 + (0,000003 * Proportion_{2020})$$

Selain itu hasil analisis OLS juga menunjukkan perkembangan Klaster Industri Cikarang tahun 2020 mempengaruhi produksi emisi gas Formaldehide. Dengan variabel terikat gas Formaldehide serta variabel bebas berupa nilai proporsi indsutri pada tahun 2020 menunjukkan adanya hasil yang lolos uji statistic Proportion Probability dan Joint F Statistic Prob degree of freedom, serta mempunyai nilai adjusted R-Square 0,59%. Dari hasil analisis tersebut juga dapat diketahui jika klaster industri 2020 mengalami perkembangan memiliki pengaruh mengurangi produksi emisi gas Formaldehide sebesar 0,000003 mol/m<sup>2</sup>. Dan apabila ditinjau pada data yang ada juga menunjukkan pola ketika semakin tinggi proporsi industri pada suatu area, di area tersebut untuk data peserbaran gas Formaldehide cenderung menunjukkan konsentrasi yang lebih rendah dibanding



area yang lain. Berikut merupakan rumus yang dihasilkan dari analisis OLS tersebut.

$$\text{Formaldehyde}_{2020} = 0,000223 + (-0,000003 * \text{Proportion}_{2020})$$

- **Produksi Emisi dan Perkembangan Klaster Industri Cikarang 2021**

Hasil analisis OLS menunjukkan perkembangan Klaster Industri Cikarang tahun 2021 mempengaruhi produksi emisi gas Formaldehyde. Dengan variabel terikat gas Formaldehyde serta variabel bebas berupa nilai proporsi industri pada tahun 2021 menunjukkan adanya hasil yang lolos uji statistic Proportion Robust Probability dan Joint Wald Statistic Prob degree of freedom, serta mempunyai nilai adjusted R-Square 1,27%. Dari hasil analisis tersebut juga dapat diketahui jika klaster industri 2021 mengalami perkembangan memiliki pengaruh mengurangi produksi emisi gas Formaldehyde sebesar 0,000004 mol/m<sup>2</sup>. Dan apabila ditinjau pada data yang ada juga menunjukkan pola ketika semakin tinggi proporsi industri pada suatu area, di area tersebut untuk data persebaran gas Formaldehyde cenderung menunjukkan konsentrasi yang lebih rendah dibanding area yang lain. Berikut merupakan rumus yang dihasilkan dari analisis OLS tersebut.

$$\text{Formaldehyde}_{2021} = 0,000228 + (-0,000004 * \text{Proportion}_{2021})$$

Selain itu hasil analisis OLS juga menunjukkan perkembangan Klaster Industri Cikarang tahun 2021 mempengaruhi produksi emisi gas Carbon Monoxide. Dengan variabel terikat gas Carbon Monoxide serta variabel bebas berupa nilai proporsi industri pada tahun 2021 menunjukkan adanya hasil yang lolos uji statistic Proportion Robust Probability dan Joint Wald Statistic Prob degrees of freedom, serta mempunyai nilai adjusted R-Square 1,91%. Dari hasil analisis tersebut juga dapat diketahui jika klaster industri 2021 mengalami perkembangan memiliki pengaruh positif menambah produksi emisi gas Carbon Monoxide sebesar 0,000127 mol/m<sup>2</sup>. Dan apabila ditinjau pada data yang ada juga menunjukkan pola ketika semakin tinggi proporsi industri pada suatu area, di area tersebut untuk data persebaran gas Carbon Monoxide juga menunjukkan konsentrasi yang tinggi dibanding area yang lain. Berikut merupakan rumus yang dihasilkan dari analisis OLS tersebut.

$$\text{CO}_{2021} = 0,032467 + (0,000127 * \text{Proportion}_{2021})$$

- **Produksi Emisi dan Perkembangan Klaster Industri Cikarang 2022**

Hasil analisis OLS menunjukkan perkembangan Klaster Industri Cikarang tahun 2022 mempengaruhi produksi emisi gas Sulfur Dioxide. Dengan variabel terikat gas Sulfur Dioxide serta variabel bebas berupa nilai proporsi industri pada tahun 2022 menunjukkan adanya hasil yang lolos uji statistic Proportion Probability dan Joint F Statistic Prob degrees of freedom, serta mempunyai nilai adjusted R-Square 0,86%. Dari hasil analisis tersebut juga dapat diketahui jika klaster industri 2022 mengalami perkembangan memiliki pengaruh positif menambah produksi emisi gas Sulfur Dioxide sebesar 0,000019 mol/m<sup>2</sup>. Dan apabila ditinjau pada data yang ada juga menunjukkan pola ketika semakin tinggi proporsi industri pada suatu area, di area tersebut untuk data persebaran gas sulfur dioxide juga menunjukkan konsentrasi yang lebih tinggi dibanding area yang lain. Berikut merupakan rumus yang dihasilkan dari analisis OLS tersebut.

$$\text{SO}_2_{2022} = 0,000074 + (0,000019 * \text{Proportion}_{2022})$$

Kemudian berdasarkan hasil analisis OLS dan penjelasan di atas, apabila ditinjau pada uji Statistik Jarque-Bera semua model persamaan yang dihasilkan mempunyai residu tidak terdistribusi normal dan jika digunakan untuk prediksi maka modelnya akan bias.

## Kesimpulan

Persebaran proporsi grid lahan industri Cikarang pada tahun 2018-2022 terdapat pada rentang 0-1 (proporsi 0-100%) dimana mengalami peningkatan setiap tahunnya. Klasifikasi proporsi industri 0,9 mengalami peningkatan paling tinggi hingga 138,46% dari tahun 2018 ke 2022. Pada kurun waktu 2018-2022, rata-rata konsentrasi gas *carbon monoxide* cenderung mengalami penurunan; rata-rata konsentrasi gas *carbon monoxide*, *sulfur dioxide*, *nitrogen dioxide*, dan *formaldehyde* secara keseluruhan dan berurutan mengalami tren penurunan, kenaikan, kenaikan, dan kenaikan. Berdasarkan hasil *Anselin Local Moran's I* dapat diketahui lokasi-lokasi cluster industri yang teridentifikasi sebagai area *high-high* di Kecamatan Cikarang pada tahun 2017-2022 berada di daerah Cikarang Utara. Hal ini menunjukkan daerah tersebut memiliki proporsi penggunaan lahan industri paling besar. Berdasarkan hasil analisis *Ordinary Least Square*, perkembangan klaster industri berkorelasi positif maupun negatif terhadap produksi jenis emisi yang berbeda di setiap tahunnya. Pada tahun 2018, klaster industri memengaruhi emisi *sulfur dioxide* (Adj R<sup>2</sup> 0,00725). Pada tahun 2019, klaster industri memengaruhi emisi *formaldehyde* (Adj R<sup>2</sup> 0,011487). Pada tahun 2020, klaster industri memengaruhi emisi *nitrogen dioxide* dan *formaldehyde* (masing-masing Adj R<sup>2</sup> sebesar 0,005763 dan 0,005865). Pada tahun 2021, klaster industri memengaruhi emisi *formaldehyde* dan *carbon monoxide* (masing-masing Adj R<sup>2</sup> sebesar 0,012712 dan 0,019100). Pada tahun 2022, klaster industri memengaruhi emisi *sulfur dioxide* (Adj R<sup>2</sup> 0,008554). Meskipun demikian, ditinjau dari hasil analisis OLS, model persamaan menunjukkan hasil yang bias disebabkan karena residu tidak terdistribusi normal sehingga tidak layak digunakan untuk melakukan proyeksi di masa mendatang.

Dari kondisi tersebut, diperlukan pembangunan rendah karbon dalam mencapai keseimbangan pertumbuhan ekonomi dan penurunan emisi GRK yang sejalan dengan Perpres No.61 Tahun 2011 tentang Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca (RAN-GRK). Terlebih, sumber emisi terbesar Provinsi Jawa Barat berasal dari sektor energi dan industri sebesar 41% (Pemda Jabar, 2021). Adapun dalam bidang energi dan industri, pembangunan rendah karbon dapat dilakukan melalui: pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH), serta substitusi bahan bakar fosil ke biogas dan meningkatkan efisiensi penggunaan energi (Hermawan et al., 2018; Pemda Jabar, 2022). Selain itu, berdasarkan RKPD Provinsi Jawa Barat, upaya penurunan emisi GRK dapat juga melalui peningkatan kualitas lingkungan hidup, peningkatan upaya adaptasi dan pengendalian dampak perubahan iklim (Pemda Jabar, 2022). Berbagai rencana aksi pada sektor industri dapat dilakukan seperti: sosialisasi dan pelatihan produksi bersih; revitalisasi peralatan industri yang efisien; implementasi kebijakan pemberian insentif bagi perusahaan yang mengendalikan pencemaran; sosialisasi industri hijau; serta fasilitasi audit lingkungan, energi, konservasi energi dan manajemen energi (Bappenas, 2021). Rekomendasi yang diusulkan diharapkan berkontribusi dalam upaya penurunan emisi GRK Provinsi Jawa Barat sebesar 121.765.650 ton CO<sub>2</sub>eq (9,94%) di tahun 2030 (Pemda Jabar, 2022).

## Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kami haturkan kepada Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, yang telah mendukung dan membantu dalam penyelesaian artikel ini, maupun penyempurnaannya.

## Daftar Pustaka

- An, R., & Zhu, G. (2022). Clustering Of Economic Efficiency Of Urban Energy Carbon Emissions Based On Decoupling Theory. In *Energy Reports* (Vol. 8, pp. 9569–9575). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2022.07.063>

- Anggraeni, S. (2021). *Sejarah Revolusi Industri 1.0 Hingga 4.0*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.17436.51847>
- Astuti, D., & Setyono, J. S. (2016). Hubungan dan Aliran Informasi Antar Pelaku Pada Kluster Batik Kota Pekalongan. *Jurnal Wilayah Dan Lingkungan*, 4(1), 29. <https://doi.org/10.14710/jwl.4.1.29-44>
- Bappenas. (2021). *Rencana Pembangunan Rendah Karbon Daerah (RPRKD) Provinsi Jawa Barat*.
- Choe, K. (KyeongAe), & Roberts, B. H. (2011). *Competitive Cities In The 21st Century: Cluster-Based Local Economic Development*.
- Danesh Shakib, M. (2020). Using System Dynamics To Evaluate Policies For Industrial Clusters Development. *Computers and Industrial Engineering*, 147. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.106637>
- Nationally Determined Contribution (NDC) Pertama Republik Indonesia, Republik Indonesia (2016).
- Ghasempour, F., Sekertekin, A., & Kutoglu, S. H. (2021). Google Earth Engine Based Spatio-Temporal Analysis Of Air Pollutants Before And During The First Wave COVID-19 Outbreak Over Turkey Via Remote Sensing. *Journal of Cleaner Production*, 319, 128599. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128599>
- Hermawan, R., Savira, E. M., Al Hilal, O. J. A., Bazargan, R. M., Simandjorang, B., & Kurniawan, A. (2018). *Kajian Strategi Pemerintah Daerah dalam Menghadapi Agenda Perubahan Iklim*. Pusat Kajian Desentralisasi dan Otonomi Daerah Lembaga Administrasi Negara.
- Haque, Md. N., Sharif, Md. S., Rudra, R. R., Mahi, M. M., Uddin, Md. J., & Ellah, R. G. A. (2022). Analyzing The Spatio-Temporal Directions Of Air Pollutants For The Initial Wave Of Covid-19 Epidemic Over Bangladesh: Application Of Satellite Imageries And Google Earth Engine. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 28, 100862. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2022.100862>
- He, Y., Xing, Y., Zeng, X., Ji, Y., Hou, H., Zhang, Y., & Zhu, Z. (2022). Factors Influencing Carbon Emissions From China's Electricity Industry: Analysis Using The Combination Of LMDI And K-means Clustering. *Environmental Impact Assessment Review*, 93. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2021.106724>
- Hong, J., Gu, J., Liang, X., Liu, G., Shen, G. Q., & Tang, M. (2019). Spatiotemporal Investigation Of Energy Network Patterns Of Agglomeration Economies In China: Province-Level Evidence. *Energy*, 187. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.115998>
- IPCC. (2006). *Publications - IPCC-TFI*. Intergovernmental Panel On Climate Change (IPCC). <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol1.html>
- Metarapi, D., & van Elteren, J. T. (2023). High-Resolution Single Pulse LA-ICP-MS Mapping Via 2D Sub-Pixel Oversampling On Orthogonal And Hexagonal Ablation Grids – A Computational Assessment. *Talanta*, 263, 124699. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2023.124699>
- Nawawi, Q. (2022). *Kawasan Industri Jababeka Menjadi Kluster Industri Net Zero Pertama di Asia Tenggara - Jababeka*. JABABEKA&CO. <https://www.jababeka.com/id/kawasan-industri-jababeka-menjadi-kluster-industri-net-zero-pertama-di-asia-tenggara/>
- Pemda Jabar. (2021). *Perubahan Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah RPJMD 2018-2023*.
- Pemda Jabar. (2022). Peraturan Gubernur Jawa Barat Nomor 38 Tahun 2021 Tentang Rencana Kerja Pemerintah Daerah (RKPD) Provinsi Jawa Barat Tahun 2022. In Pemerintah Daerah Provinsi Jawa Barat (Vol. 33, Issue 1).
- Porter, M. E. (2007). *Clusters And Economic Policy: Aligning Public Policy With The New Economics Of Competition*.
- Rahaman, S. N., Ahmed, S. M. M., Zeyad, M., & Zim, A. H. (2023). Effect Of Vegetation And Land Surface Temperature On NO2 Concentration: A Google Earth Engine-Based Remote Sensing Approach. *Urban Climate*, 47, 101336. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2022.101336>
- Singh, A., Chakrabarty, M., Chowdhury, S., & Singh, S. (2022). Exclusive Use Of Hygienic Menstrual Absorbents Among Rural Adolescent Women In India: A Geospatial Analysis. *Clinical Epidemiology and Global Health*, 17, 101116. <https://doi.org/10.1016/j.cegh.2022.101116>

- The World Bank. (2021, November 10). *From Greenhouse Gases To Green Cities: Building A Low Carbon And Resilient Future*. The World Bank. <https://www.worldbank.org/en/news/feature/2021/11/10/from-greenhouse-gases-to-green-cities-building-a-low-carbon-and-resilient-future>
- Tuti, W. (2021). *Perkembangan Revolusi Industri*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.32765.38886>
- UN Indonesia. (2022, March 18). *Penyebab Dan Dampak Perubahan Iklim | Perserikatan Bangsa - Bangsa di Indonesia*. <https://indonesia.un.org/id/175273-penyebab-dan-dampak-perubahan-iklim>
- Wang, Q., Yang, C. hao, Wang, M. li, Zhao, L., Zhao, Y. chen, Zhang, Q. peng, & Zhang, C. yan. (2023). Decoupling Analysis To Assess The Impact Of Land Use Patterns On Carbon Emissions: A Case Study In The Yellow River Delta Efficient Eco-Economic Zone, China. *Journal of Cleaner Production*, 412, 137415. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137415>
- Xu, B., & Lin, B. (2015). How Industrialization And Urbanization Process Impacts On CO2 Emissions In China: Evidence From Nonparametric Additive Regression Models. *Energy Economics*, 48, 188–202. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2015.01.005>
- Xu, J., Wang, J., Wang, T., & Li, C. (2023). Impact Of Industrial Agglomeration On Carbon Emissions From Dairy Farming —Empirical Analysis Based On Life Cycle Assessment Method And Spatial Durbin Model. *Journal of Cleaner Production*, 406. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137081>
- Yu, Q., Li, M., Li, Q., Wang, Y., & Chen, W. (2022a). Economic Agglomeration And Emissions Reduction: Does High Agglomeration In China's Urban Clusters Lead To Higher Carbon Intensity? *Urban Climate*, 43, 101174. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2022.101174>
- Yu, Q., Li, M., Li, Q., Wang, Y., & Chen, W. (2022b). Economic Agglomeration And Emissions Reduction: Does High Agglomeration In China's Urban Clusters Lead To Higher Carbon Intensity? *Urban Climate*, 43. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2022.101174>
- Zhang, R., Long, Y., Wu, W., & Li, G. (2018). How Do Transport Policies Contribute To A Low Carbon City? An Integrated Assessment Using An Urban Computable General Equilibrium Model. *Energy Procedia*, 152, 606–611. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2018.09.218>