

ANALISIS EKSPLORASI DATA POLUSI UDARA di SEOUL, KOREA SELATAN

Sakaoni Rofi Pramesthi^{1*}, Haiva Qurrota A'yun²

¹06211840000040

²06211840000045

*e-mail penulis: sakaonirp@gmail.com

Abstrak— Polusi udara di Korea Selatan telah menjadi ancaman pencemaran udara yang semakin besar bagi manusia dan lingkungan. Banyak bentuk polusi telah meningkat di Korea Selatan sejak industrialisasi yang cepat, terutama di Seoul dan kota-kota lain. Orang Korea membeli masker dan pembersih udara untuk menghirup udara yang lebih bersih. Tujuan dilakukan analisis ini adalah untuk melihat perkembangan kandungan Particulate Matter (PM) 10, Particulate Matter (PM) 2.5 dan menunjukkan hubungan polutan CO dengan O₃ dan SO₂ dengan NO₂ pada udara di kota Seoul dalam periode 2017-2019. Analisis dengan violin plot menggunakan tiga variabel, yakni variabel Year, PM 10 dan PM 2.5. Analisis dengan bubble plot dilakukan untuk menguji dua pernyataan, yakni polutan karbon monoksida (CO) adalah salah satu polutan perusak lapisan ozon (O₃) serta polutan sulfur dioksida (SO₂) dan nitrogen dioksida (NO₂) dapat menyebabkan terjadinya hujan asam. Kandungan polutan PM10 dan PM2.5 dalam pengamatan tiga tahun mengalami peningkatan variasi dan modus, serta terdapat data outlier yang cukup mempengaruhi distribusi data polutan PM10 maupun PM2.5. Berdasarkan hasil korelasi karbon monoksida (CO) dengan ozon (O₃) dapat mendukung pernyataan bahwa karbon monoksida merupakan polutan perusak lapisan ozon (O₃). Hasil korelasi SO₂ dengan NO₂ dapat mendukung pernyataan bahwa polutan SO₂ dan NO₂ dapat menyebabkan terjadinya hujan asam.

Abstract— Air pollution in South Korea has become an increasingly threatening air pollution for humans and the environment. Many forms of pollution have increased in South Korea since rapid industrialization, especially in Seoul and other cities. Korean citizens have to buy masks and air purifiers to breathe cleaner air. The purpose of this analysis is to look at the development of the content of Particulate Matter (PM) 10, Particulate Matter (PM) 2.5 and show the relationship of pollutants CO with O₃ and SO₂ with NO₂ in the air in the city of Seoul in the period

2017-2019. Analysis by violin plot uses three variables, namely Year, PM 10 and PM 2.5. Bubble plot analysis was carried out to test two statements, namely carbon monoxide (CO) pollutants are one of the ozone layer (O₃) pollutants and sulfur dioxide (SO₂) and nitrogen dioxide (NO₂) pollutants can cause acid rain. The content of PM10 and PM2.5 pollutants in observations of three years has increased in variation and mode, and there are outlier data that quite affect the distribution of PM10 and PM2.5 pollution data. Based on the results of the correlation of carbon monoxide with ozone can support the statement that carbon monoxide is a pollutant that destroys the ozone layer. The correlation between SO₂ and NO₂ can support the statement that SO₂ and NO₂ pollutants can cause the acid rain.

Kata Kunci— Korea, Pencemaran, Polusi, Seoul, Udara.

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Polusi udara merupakan salah satu jenis dari pencemaran lingkungan hidup dimana kondisi kehadiran satu atau lebih substansi kimia, fisik, atau biologi di atmosfer dalam jumlah yang membahayakan. Polusi udara di Korea Selatan telah menjadi ancaman bagi manusia dan lingkungan. Polusi udara berasal dari banyak sumber, baik domestik maupun internasional. Banyak bentuk polusi telah meningkat di Korea Selatan sejak industrialisasi yang cepat, terutama di Seoul dan kota-kota lain. Kondisi kualitas udara di Seoul pada tahun 2019 tercatat dengan nilai *Air Quality Index* (AQI) sebesar 159. Untuk menghitung *Air Quality Index* (AQI), ada enam jenis polutan utama yang dilihat persentase kandungannya yakni, SO₂, NO₂, O₃, CO, PM 10 dan PM 2.5. Banyak dari masyarakat setempat

merespon kondisi udara dengan menggunakan masker dan pembersih udara agar dapat menghirup udara yang lebih bersih.

Sebagian besar debu partikel halus di Korea Selatan berasal dari China dan wilayah luar negeri lainnya. Banyak orang di Korea Selatan yang menderita tekanan mental dan berisiko mengalami masalah pernapasan karena debu halus yang berhembus di Korea Selatan dari gurun barat China.

1.2 Teori

Pencemaran udara merupakan suatu kondisi dimana kehadiran satu atau lebih substansi kimia, fisik, atau biologi di atmosfer dalam jumlah yang membahayakan. Berbahaya bagi kesehatan manusia, hewan, dan tumbuhan, mengganggu estetika dan kenyamanan, atau merusak properti. Polusi udara merupakan salah satu jenis dari pencemaran lingkungan hidup selain pencemaran tanah, pencemaran air, dan pencemaran suara. Pencemaran udara memiliki enam jenis polutan utama yang dilihat kandungannya pada saat menghitung indeks kualitas udara yakni, SO_2 , NO_2 , CO , O_3 , PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$.

Sulfur dioksida (SO_2) merupakan gas yang terbentuk saat terjadi pembakaran bahan bakar fosil yang mengandung sulfur. Sulfur sendiri terdapat dalam hampir semua material mentah yang belum diolah seperti minyak mentah, batu bara, dan bijih-bijih yang mengandung metal seperti aluminium, tembaga, seng, timbal, dan besi. Di daerah perkotaan, yang menjadi sumber sulfur utama adalah kegiatan pembangkit tenaga listrik, terutama yang menggunakan batu bara ataupun minyak diesel sebagai bahan bakarnya, juga gas buang dari kendaraan yang menggunakan diesel dan industri-industri yang menggunakan bahan bakar batu bara dan minyak mentah.

Nitrogen dioksida (NO_2) adalah item standar lingkungan atmosfer di bawah Kerangka Kerja Kebijakan Lingkungan. NO_2 adalah gas coklat kemerahan yang dipancarkan dari semua mesin pembakaran. Mulai dari asap kendaraan bermotor (terutama mobil, truk, dan bus), asap buang dari kompor minyak tanah, kompor gas, pemanas air di kamar mandi yang menggunakan minyak tanah, asap rokok, pembakaran generator pada industri, serta kebakaran hutan.

Karbon monoksida (CO) dihasilkan dari proses pembakaran bahan bakar yang tidak sempurna. Karena hemoglobin memiliki afinitas CO yang 210 kali lebih kuat daripada oksigen, oksigen akan kesulitan dalam proses transportasi oksigen sehingga tidak dapat memasok oksigen ke setiap jaringan, yang dapat menyebabkan kerusakan paling besar pada jaringan otak dan sistem saraf. Ini adalah item standar lingkungan atmosfer berdasarkan Undang-Undang Kerangka Kerja tentang Kebijakan Lingkungan.

Ozon (O_3) termasuk dalam polutan sekunder dan dicirikan oleh kekuatan oksidasi yang kuat sebagai gas

yang tidak berwarna dan tidak berasa. Ozon membentuk lapisan ozon di stratosfer, yang berperan dalam menghalangi sinar UV dan melindungi ekosistem, tetapi jika ia hadir dalam konsentrasi tertentu di troposfer, ia dapat menyebabkan bronkitis, penyakit jantung, dan perburukan asma. Terutama, pasien dengan penyakit pernapasan dan orang tua harus ekstra hati-hati dalam situasi-konsentrasi tinggi.

Debu halus (*Fine dust*) atau yang biasa disebut *Particulate Matter* (PM) merupakan istilah untuk partikel padat atau cair yang ditemukan di udara. Partikel dengan ukuran besar atau cukup gelap dapat dilihat sebagai jelaga atau asap. Sedangkan partikel yang sangat kecil dapat dilihat dengan mikroskop elektron. Dalam Undang-Undang Kebijakan Lingkungan Dasar yang bertujuan untuk melestarikan lingkungan serta lingkungan atmosfer, debu halus (PM_{10}) didefinisikan sebagai debu dengan ukuran partikel 10 μm atau kurang, dan debu halus ($\text{PM}_{2.5}$) didefinisikan sebagai debu dengan ukuran partikel 2,5 μm atau kurang. Dengan kata lain, istilah 'debu halus' digunakan sama, tetapi angka dalam tanda kurung berarti ukuran debu. Unit ukuran debu halus, μm , lebih kecil dari 1 meter kali per 1 juta. Dibandingkan dengan rambut manusia, debu halus (PM_{10}) adalah 1/6, dan debu halus ($\text{PM}_{2.5}$) adalah 1/20 ~ 1/30. Debu halus (PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$) tetap berada di udara karena sangat kecil sehingga tidak terlihat oleh tubuh manusia. Secara umum, debu halus ($\text{PM}_{2.5}$) lebih berbahaya. Debu halus (PM_{10}) menyebabkan penyakit pernapasan, sedangkan debu halus ($\text{PM}_{2.5}$) telah dilaporkan dikaitkan dengan penyakit kardiovaskular dan otak.

Pencemaran udara yang terjadi dapat berdampak pada berbagai sektor kehidupan manusia dan makhluk hidup di bumi. Mulai dari dampak kesehatan, ketika substansi pencemar yang terdapat di udara dapat masuk ke dalam tubuh melalui sistem pernapasan. Jauhnya penetrasi zat pencemar ke dalam tubuh bergantung kepada jenis pencemar. Partikulat berukuran besar dapat tertahan di saluran pernapasan bagian atas, sedangkan partikulat berukuran kecil dan gas dapat mencapai paru-paru. Dari paru-paru, zat pencemar diserap oleh sistem peredaran darah dan menyebar ke seluruh tubuh. Hal ini dapat menyebabkan sakit paru-paru dan juga penyakit pernapasan yang lainnya. Sedangkan dampak pencemaran oleh zat kimia seperti Karbon Monoksida dapat menyebabkan gangguan kesehatan pada hemoglobin. Tetapi, dampak kesehatan yang paling umum dijumpai adalah ISPA (infeksi saluran pernapasan atas), termasuk di antaranya, asma, bronkitis, dan gangguan pernapasan lainnya. Selain dampak kesehatan, ada juga dampak yang lain, seperti dampak sosial, dampak pada pendidikan, dan lain-lain. Pencemaran udara tersebut juga dapat mengakibatkan berbagai macam fenomena alam seperti hujan asam, efek rumah kaca, dan bahkan hingga dapat merusak lapisan ozon.

1.3 Tujuan

Tulisan ini akan membahas mengenai perkembangan kandungan polutan *Particulate Matter*

(PM) 10, *Particulate Matter* (PM) 2.5 dan juga menunjukkan korelasi polutan CO dengan O₃ dan SO₂ dengan NO₂ pada udara di kota Seoul, Korea Selatan dalam periode 2017-2019.

II. METODE

2.1 Data

Data yang digunakan dalam tulisan ini merupakan data *time series* dari laman *open source* www.kaggle.com dengan pengambilan data pada salah satu stasiun di Seoul mulai dari tahun 2017 hingga 2019 setiap satu jam sekali. Variabel yang tertera dalam dataset yakni Measurement Date yang menunjukkan tanggal pengambilan data, Year yang menunjukkan tahun pengambilan data, Station code yang menunjukkan pos dimana pengambilan data berlangsung, dan enam persentase polutan yang terkandung dalam udara, yaitu SO₂, NO₂, CO, O₃, PM 10, PM 2.5.

Kode stasiun yang digunakan pada pengolahan data ini adalah stasiun 101 yang memiliki alamat 19, Jong-ro 35ga-gil, Jongno-gu, Seoul, Korea Selatan.

2.2 Teknik Analisis Data

Data kandungan polutan PM 10 dan PM 2.5 diolah dengan menggunakan Violin Plot. Hal tersebut karena violin plot merupakan penggabungan antara dua metode yaitu boxplot dan Estimasi Kepadatan Kernel (KDE). KDE sendiri merupakan sebuah cara yang berguna untuk menganalisa data non-parametrik dengan cara menghitung mengkalkulasikan fungsi kepadatan peluang dari suatu peubah yang acak. Tujuan dari violin plot yaitu untuk memudahkan pengguna menganalisis distribusi data yang kontinyu untuk setiap kategori.

Untuk menunjukkan korelasi polutan CO dengan O₃ dan SO₂ dengan NO₂ data tersebut diolah menggunakan Bubble Plot. Hal tersebut karena bubble plot adalah variasi dari scatter plot dimana titik data diganti dengan gelembung, dan dimensi tambahan dari data yang direpresentasikan dalam ukuran gelembung. Sama seperti scatter plot, bubble plot tidak menggunakan kategori sumbu - kedua sumbu horizontal dan vertikal sumbu nilai. Selain nilai x dan nilai y yang di plot dalam scatter plot, bubble plot nilai x, nilai y, dan nilai z (ukuran).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Analisa

Telah dilakukan empat analisa dari data kandungan polutan di Seoul. Variabel yang digunakan sebagai berikut:

- (1) Year : Variabel yang menunjukkan tahun saat data diambil.
- (2) SO₂ : Variabel yang menunjukkan kandungan SO₂ (Sulfur Dioksida) di udara.
- (3) NO₂ : Variabel yang menunjukkan kandungan NO₂ (Nitrogen Dioksida) di udara.
- (4) CO : Variabel yang menunjukkan kandungan CO (Karbon Monoksida) di udara.
- (5) O₃ : Variabel yang menunjukkan kandungan O₃ (Ozon) di udara.
- (6) PM10 : Variabel yang menunjukkan kandungan PM10 (*Fine dust* 10 µm) di udara.
- (7) PM 2.5 : Variabel yang menunjukkan kandungan PM 2.5 (*Fine dust* 2.5 µm) di udara.

3.2 Violin Plot

Pada analisis ini digunakan variabel Year, PM 10 dan PM 2.5. Analisis ini dilakukan untuk mengetahui perkembangan kandungan *Particulate Matter* (PM) 10 dan 2.5 selama tiga tahun pencatatan. Berikut perhitungan dengan bantuan aplikasi R.

```
data=read.csv("C:/Users/Bagus/Documents/AirPollutionSeoul/Measurement.csv", header= TRUE, sep=",")
summary(data)
data$Year=as.factor(data$Year)
library(ggplot2)
#Violin Plot
dpm10=ggplot(data,aes(x=Year,y=PM10,fill=Year))+geom_violin(trim=FALSE)+labs(title="Violin Plot Kadar PM10 pada Udara")+geom_boxplot(width=0.1,fill="yellow")+theme_classic()
dpm10
dpm2.5=ggplot(data,aes(x=Year,y=PM2.5,fill=Year))+geom_violin(trim=FALSE)+labs(title="Violin Plot Kadar PM2.5 pada Udara")+geom_boxplot(width=0.1,fill="yellow")+theme_classic()
dpm2.5
```

Kemudian diperoleh dua plot yakni pada gambar 1 dan gambar 2. Pada gambar 1 ditunjukkan bahwa terdapat sedikit peningkatan modus kandungan PM10 di udara, peningkatan variasi kandungan PM10 dan terdapat data outlier pada ketiga tahun pencatatan. Gambar 2 menunjukkan bahwa terdapat sedikit peningkatan modus kandungan PM 2.5 di udara, peningkatan variasi kandungan PM 2.5 dan terdapat data outlier pada ketiga tahun pencatatan.

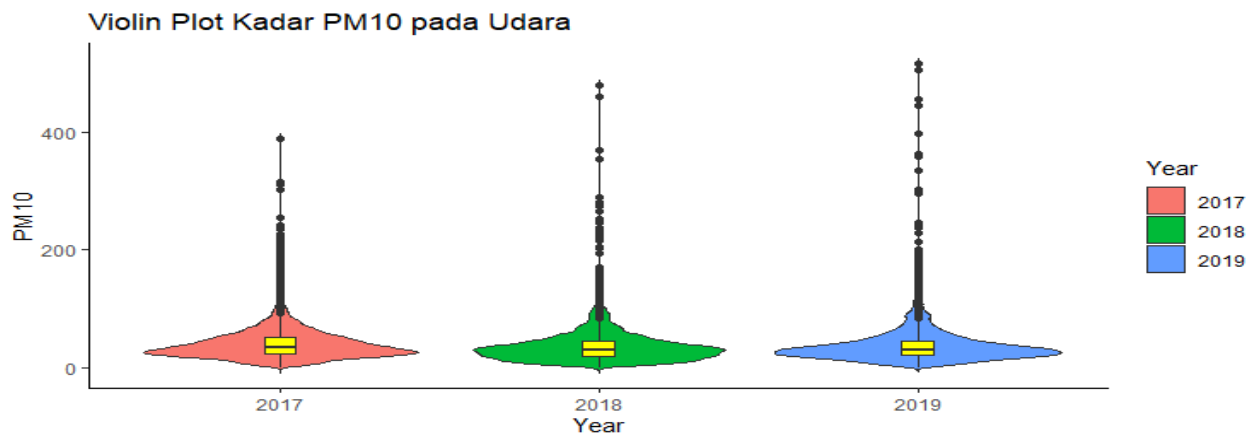
3.3 Bubble Plot

Pada analisis ini variabel yang digunakan adalah Year, SO₂, NO₂, CO dan O₃. Analisis ini dilakukan untuk menguji dua pernyataan, yakni polutan karbon monoksida (CO) adalah salah satu polutan perusak lapisan Ozon (O₃) serta polutan sulfur dioksida (SO₂) dan nitrogen dioksida (NO₂) dapat menyebabkan terjadinya hujan asam. Berikut perhitungan dengan bantuan aplikasi R.

```
data=read.csv("C:/Users/Bagus/Documents/AirPollutionSeoul/Measurement.csv",
  header=TRUE, sep=",")
summary(data)
data$Year=as.factor(data$Year)
library(ggplot2)
#Bubble Plot
theme_set(theme_bw())
gg=ggplot(data,aes(x=O3,y=CO))
gg=gg+geom_jitter(aes(col=Year,size=Year))
gg=gg+geom_smooth(aes(col=Year),method="loess",se=F)
```

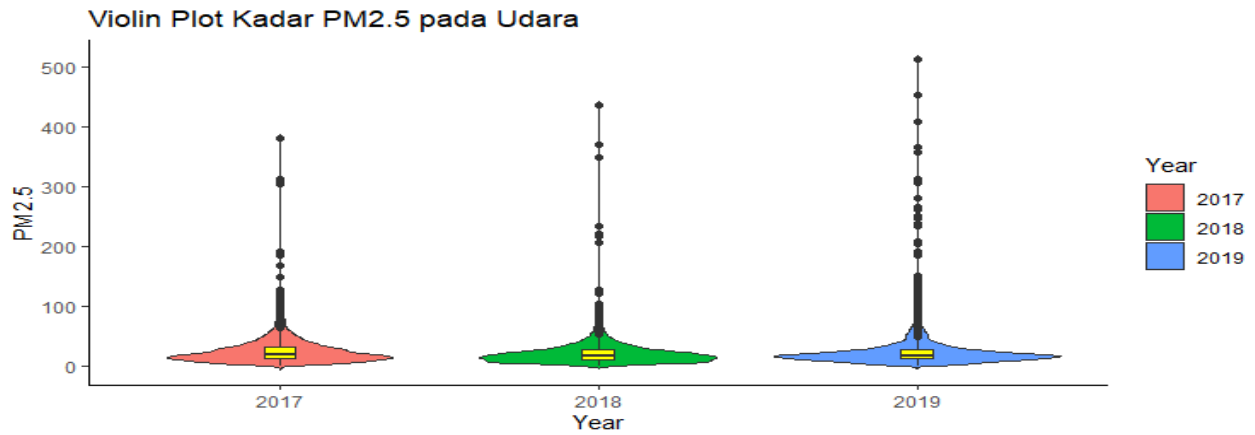
```
gg2=gg2+labs(subtitle="Pengaruh NO2 terhadap SO2",y="SO2",x="NO2",title="Bubble Plot",caption="source : Kaggle.com")
gg2
```

Kemudian diperoleh dua plot yakni gambar 3 dan gambar 4. Gambar 3 menunjukkan bahwa data mengumpul pada suatu area dan memiliki hubungan linear negatif, maka kenaikan satu variabel menyebabkan penurunan nilai dari variabel lainnya. Begitu juga sebaliknya, semakin kecil nilai suatu variabel, semakin besar nilai variabel lainnya. Hubungan antara kedua variabel dalam kasus ini adalah berbalik arah. Terdapat dua data outlier pada tahun 2018. Gambar 4 menunjukkan bahwa data mengumpul pada suatu area dan memiliki hubungan linear positif, maka kenaikan satu variabel menyebabkan penambahan nilai pada variabel lainnya. Atau sebaliknya, semakin kecil nilai suatu variabel, nilai variabel lainnya juga akan ikut turun. Bisa dikatakan juga, korelasi ini merupakan hubungan yang searah. Terdapat dua data outlier pada tahun 2018.

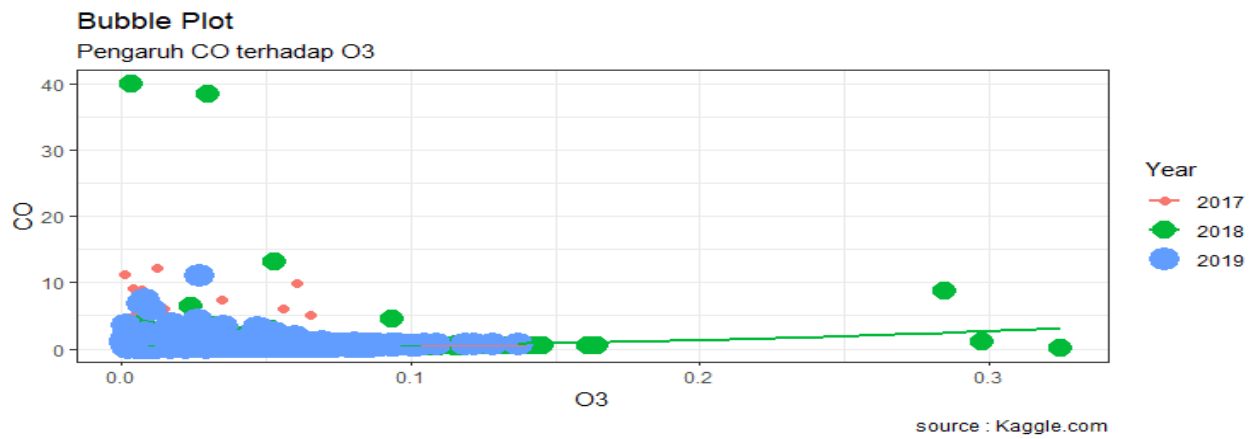


Gambar 1. Violin plot persentase kadar PM10 pada udara di Seoul, Korea Selatan.

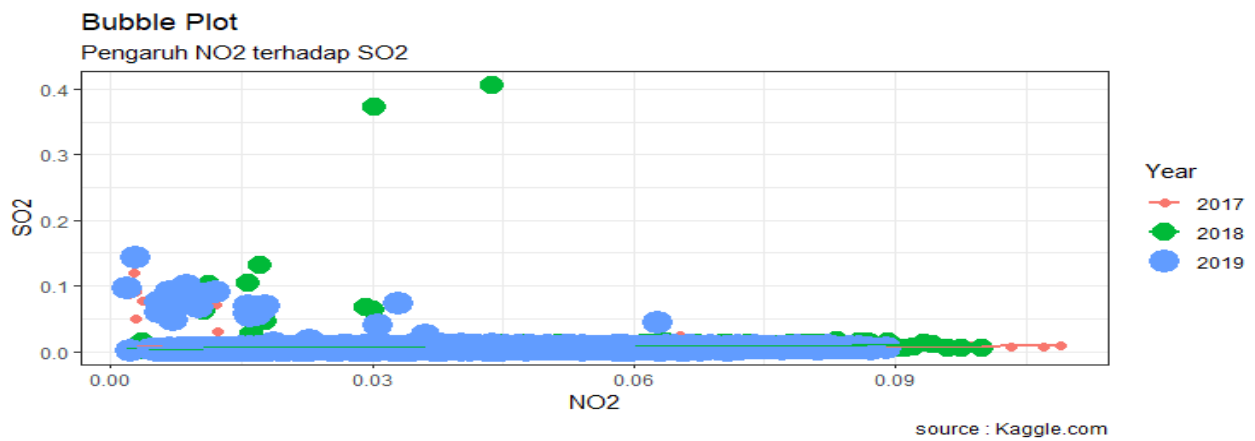
```
gg=gg+labs(subtitle="Pengaruh CO terhadap O3",y="CO",x="O3",title="Bubble Plot",caption="source : Kaggle.com")
gg
theme_set(theme_bw())
gg2=ggplot(data,aes(x=NO2,y=SO2))
gg2=gg2+geom_jitter(aes(col=Year,size=Year))
gg2=gg2+geom_smooth(aes(col=Year),method="loess",se=F)
```



Gambar 2. Violin plot persentase kadar PM2.5 pada udara di Seoul, Korea Selatan.



Gambar 3. Bubble plot pengaruh CO terhadap O₃.



Gambar 4. Bubble plot pengaruh SO₂ terhadap NO₂.

IV. KESIMPULAN

Kandungan polutan PM10 dan PM2.5 dalam pengamatan 3 tahun mengalami peningkatan variasi dan modus, serta terdapat data outlier yang cukup mempengaruhi distribusi data polutan PM10 maupun PM2.5.

Berdasarkan hasil korelasi karbon monoksida (CO) dengan ozon (O₃) dapat mendukung statement bahwa karbon monoksida merupakan polutan yang terbentuk dari reaksi freon (CFC) yang atom C-nya reaktif terhadap atom O. Dalam hal ini, atom C pecahan dari freon akan mengikat O dari ozon yang mengakibatkan timbulnya karbon monoksida dan ozon akan menjadi O₂. Ditambah lagi ketika karbon monoksida terbentuk, maka mereka akan menarik oksigen dari O₂ dan membentuk karbon monoksida (CO₂). Oleh karena itu, ozon sebagai pelindung bumi dari sinar ultraviolet menjadi rusak, sementara CO₂ memiliki efek rumah kaca yang dapat menahan panas bumi, dengan demikian bumi akan semakin panas.

Berdasarkan hasil korelasi SO₂ dengan NO₂ dapat mendukung statement bahwa polutan SO₂ dan NO₂ dapat menyebabkan terjadinya hujan asam. Fenomena hujan asam disebabkan oleh pencemaran udara yang bisa dipicu oleh aktivitas manusia maupun alam. Sulfur dioksida (SO₂) dan nitrogen dioksida (NO₂) merupakan senyawa kimia utama yang menyebabkan terbentuknya hujan asam.

DAFTAR PUSTAKA

Laman:

- [1] <https://www.kaggle.com/bappekim/air-pollution-in-seoul>
- [2] https://en.wikipedia.org/wiki/Air_pollution_in_South_Korea
- [3] https://id.wikipedia.org/wiki/Pencemaran_udara
- [4] <https://cheongju.go.kr/www/contents.do?key=420>
- [5] <https://bluesky.seoul.go.kr/finedust/common-sense/page/2?article=728>
- [6] <https://lingkunganhidup.co/pencemaran-udara-pengertian-penyebab-dampak-solusi/>