

# Kajian Dampak Pencemar Logam pada Udara Ambien terhadap Kejadian Penyakit ISPA Pneumonia dan Non-Pneumonia di Sekitar Waru, Sidoarjo, Jawa Timur

Febry Adhelia Azzahra dan Arie Dipareza Syafei  
Departemen Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)  
*e-mail*: dipareza@enviro.its.ac.id

**Abstrak**—Penyakit Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA) khususnya *pneumonia* merupakan salah satu penyakit yang dianggap serius di Indonesia. Pada tahun 2019 wilayah Sidoarjo mengalami peningkatan kasus pneumonia sebesar 128,35%. Hasil penelitian terdahulu menunjukkan bahwa terdapat 15 unsur logam pada partikel halus (PM 2.5) dan kasar (PM 2.5-10) yaitu Na, Mg, Al, Si, S, K, Ca, Ti, Cr, Mn, Fe, Cu, Zn, Pb, dan Cl di Kawasan Industri Waru, Sidoarjo. Tujuan dari penelitian ini adalah mengkaji korelasi antara unsur logam pada udara ambien dengan kejadian penyakit ISPA. Metode analisis data yang digunakan adalah analisis kuantitatif dengan menggunakan uji korelasi, uji multikolinearitas, dan analisis regresi linear berganda. Berdasarkan hasil uji korelasi, ada 4 logam yang berkorelasi dengan penyakit pneumonia, yaitu: Al, Si, Ca, Ti, dan Fe dan tidak ada logam yang berkorelasi terhadap ISPA non-pneumonia. Setelah dilakukan analisis regresi linear berganda ditemukan bahwa kandungan Si pada udara sebesar 1 mikrogram/m<sup>3</sup> akan menurunkan risiko terjadinya kasus Pneumonia sebesar 0.2%. Sementara itu arah dan kecepatan angin tidak berpengaruh secara signifikan dalam terjadinya penyakit ISPA.

**Kata Kunci**—ISPA, Logam, Non-Pneumonia, Pneumonia, PM 2.5

## I. PENDAHULUAN

**P**ENYAKIT Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA), khususnya pneumonia tiap tahunnya menyebabkan kematian lebih dari 2 juta anak di dunia. Penyakit pneumonia merupakan salah satu penyakit yang dianggap serius di Indonesia [1]. Kasus pneumonia di Jawa Timur juga bukan merupakan masalah kesehatan yang ringan. Berdasarkan laporan Kabupaten/Kota di Jawa Timur, jumlah kasus pneumonia balita tahun 2010 sebanyak 76.745 kasus (78,81% seluruh kasus pneumonia). Pada tahun 2019 terjadi peningkatan cakupan pneumonia di atas 50%. Cakupan pneumonia ditemukan dan ditangani Provinsi Jawa Timur Tahun 2019 Kota Surabaya yaitu 54,62% dan tertinggi berada di Sidoarjo sebesar 128,35% [2].

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Humairoh (2019) menunjukkan bahwa terdapat 15 unsur logam pada partikel halus (PM 2.5) dan kasar (PM 2.5-10) yaitu Na, Mg, Al, Si, S, K, Ca, Ti, Cr, Mn, Fe, Cu, Zn, Pb, dan Cl di Kawasan Industri Waru, Sidoarjo, Jawa Timur[3]. Berdasarkan uraian hasil kajian diatas maka diperlukan kajian dampak partikulat logam terhadap kejadian penyakit Pneumonia dan Non-Pneumonia di Waru, Sidoarjo, Jawa Timur. Lokasi penelitian berada di Kawasan Industri Waru, Sidoarjo, Jawa Timur dengan periode data Maret – Mei 2021.



Gambar 1. Lokasi area penelitian.

## II. METODE PENELITIAN

### A. Pengumpulan Data

Pengambilan data yang dilakukan adalah pengambilan data primer dan sekunder. Data primer yang dibutuhkan dalam penelitian ini berupa data konsentrasi logam berat di udara didapatkan dari penelitian Humairoh (2019) kemudian dilakukan analisa di Pusat Sains Teknologi Terapan (PSTNT-BATAN), arah dan kecepatan angin BMKG Stasiun Meteorologi Juanda. Sedangkan data sekunder yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah Data kejadian pneumonia dan non-pneumonia Maret – Mei 2019 didapat dari puskesmas yang berada dalam radius 5 km dari titik sampling penelitian Humairoh (2019). Terdapat 4 Puskesmas terpilih, yaitu [3]:

1. Puskesmas Siwalankerto
2. Puskesmas Tenggiling
3. Puskesmas Kalirungkut
4. Puskesmas Gununganyar

Titik lokasi puskesmas yang termasuk dalam radius 5 km dari titik sampling penelitian terdahulu dapat dilihat pada gambar 1.

### B. Analisa Data

Data yang didapatkan kemudian dianalisis korelasinya. Analisis dilakukan dengan dua metode, yaitu secara grafik (deskriptif) dan secara inferensial [4]. Setelah analisis korelasi, variabel yang didapatkan berkorelasi positif maupun negatif dianalisis multikolinieritas. Menurut Montgomery (2006) multikolinieritas dapat diidentifikasi melalui beberapa hal, diantaranya dengan melihat nilai *Tolerance* dan *Variance Inflation Factor* (VIF) [5]. Apabila nilai *Tolerance* kurang

Tabel 1.

Jumlah Kejadian Penyakit Pneumonia dan non-Pneumonia

No	Puskesmas	Penyakit	Jumlah
1	Gunung Anyar	Pneumonia	3
		Non-Pneumonia	442
2	Kalirungkut	Pneumonia	24
		Non-Pneumonia	1076
3	Siwalankerto	Pneumonia	1
		Non-Pneumonia	1463
4	Tenggilis	Pneumonia	0
		Non-Pneumonia	1831

Tabel 2.

Uji Korelasi Pneumonia dengan logam

Variabel	Pearson Correlation	P-Value	Kesimpulan
Na	-0.169	0.332	Tidak berkorelasi
Mg	0.13	0.456	Tidak berkorelasi
Al	-0.263	0.127	Tidak berkorelasi
Si	-0.561	0	Berkorelasi
S	-0.139	0.426	Tidak berkorelasi
K	-0.075	0.668	Tidak berkorelasi
Ca	-0.397	0.018	Berkorelasi
Ti	-0.377	0.026	Berkorelasi
Cr	-0.056	0.75	Tidak berkorelasi
Mn	-0.169	0.331	Tidak berkorelasi
Fe	-0.3	0.079	Berkorelasi
Cu	0.121	0.489	Tidak berkorelasi
Zn	-0.189	0.276	Tidak berkorelasi
Pb	0.222	0.2	Tidak berkorelasi
Cl	-0.208	0.231	Tidak berkorelasi

Tabel 3.

Uji Korelasi non-Pneumonia dengan logam

Variabel	Pearson Correlation	P-Value	Kesimpulan
Na	0.028	0.873	Tidak berkorelasi
Mg	-0.251	0.147	Tidak berkorelasi
Al	-0.020	0.90	Tidak berkorelasi
Si	0.218	0.208	Tidak berkorelasi
S	-0.090	0.609	Tidak berkorelasi
K	-0.072	0.680	Tidak berkorelasi
Ca	0.165	0.345	Tidak berkorelasi
Ti	0.231	0.182	Tidak berkorelasi
Cr	0.233	0.179	Tidak berkorelasi
Mn	0.276	0.109	Tidak berkorelasi
Fe	0.265	0.124	Tidak berkorelasi
Cu	0.042	0.890	Tidak berkorelasi
Zn	0.066	0.708	Tidak berkorelasi
Pb	-0.064	0.716	Tidak berkorelasi
Cl	0.119	0.497	Tidak berkorelasi

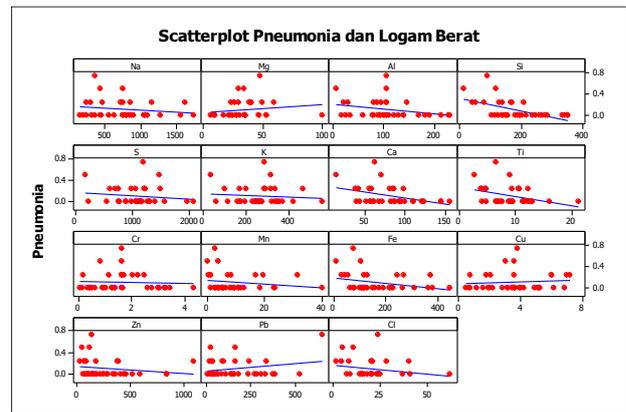
dari 0.1 dan nilai VIF lebih dari 10 maka model regresi terindikasi adanya multikolinieritas .

Variabel yang tidak terindikasi memiliki multikolinieritas dilanjutkan ke tahapan selanjutnya yaitu analisis regresi[6]. Analisis regresi yang dilakukan meliputi uji serentak, uji parsial dan pengujian asumsi IIDN (Identik, Independen dan Distribusi Normal) [7].

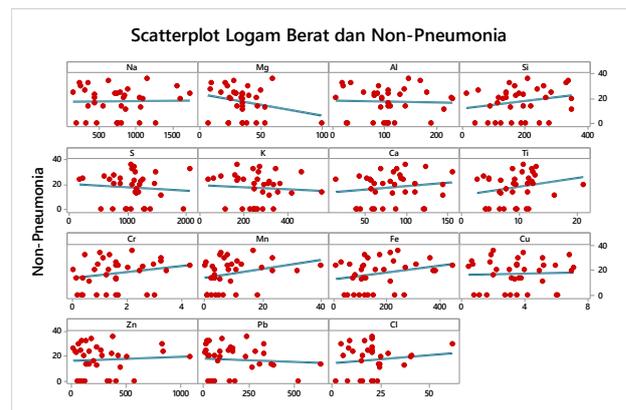
### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Kejadian Penyakit Pneumonia dan non-Pneumonia

Tabel 1 menunjukkan kejadian penyakit pneumonia dan non-pneumonia. Terlihat bahwa kasus pneumonia di Jawa Timur juga bukan merupakan masalah kesehatan yang ringan, dibuktikan dengan cakupan pneumonia yang ditemukan dan ditangani Provinsi Jawa Timur Tahun 2019 Kota Surabaya yaitu sebanyak 54,62% dan tertinggi berada di Sidoarjo sebesar 128,35% [2]. Pada tabel 1 menjelaskan jumlah kejadian penyakit pneumonia dan non-pneumonia pada puskesmas yang berada dalam radius 5 km dari titik sampling yang didapatkan dari penelitian yang dilakukan oleh Humairoh (2019).



Gambar 2. Scatterplot Pneumonia dan Logam Berat.



Gambar 3. Scatterplot non-Pneumonia dan Logam Berat.

#### B. Analisis Korelasi

##### 1) Analisis Korelasi antara Pneumonia dan Logam

Secara visual, korelasi antara pneumonia dan Logam disajikan pada Gambar 2. Gambar 2 menunjukkan bahwa Mg, Cu dan Pb secara visual memiliki hubungan linier positif dengan Pneumonia. Sedangkan jenis Logam lain secara visual memiliki hubungan linier negatif terhadap pneumonia. Untuk membuktikan adanya korelasi antar variabel, dilakukan pengujian secara inferensia dengan hipotesis sebagai berikut:

$H_0$  : (Tidak ada hubungan antara variabel x dan y)

$H_1$  : (Ada hubungan antara variabel x dan y)

Dengan taraf signifikan  $\alpha = 0.1$  daerah tolak  $H_0$  berada pada  $p\text{-value} < \alpha$ .

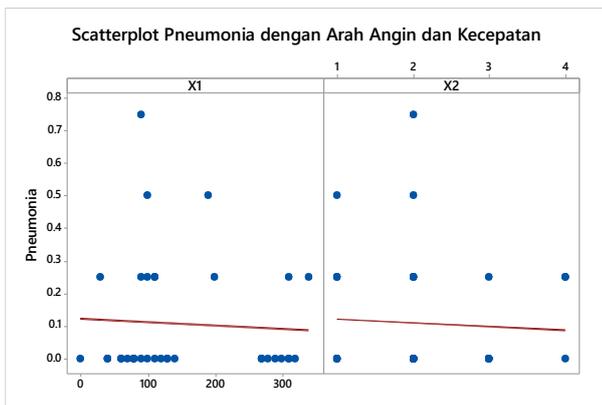
Tabel 2 menunjukkan bahwa seluruh jenis Logam tidak berkorelasi dengan kasus ISPA Non-Pneumonia. Karena tidak ada yang berpengaruh, maka tidak dapat dilanjutkan pada analisis regresi.

Tabel 2 menunjukkan bahwa variabel yang berkorelasi dengan kasus ISPA pneumonia hanya 4 logam, yaitu Si, Ca, Ti dan Fe.

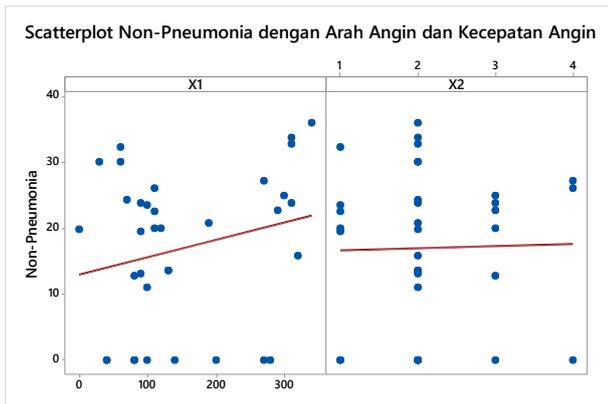
##### 2) Analisis Korelasi antara non-Pneumonia dan Logam

Secara visual, korelasi antara non-pneumonia dan Logam disajikan pada Gambar 3.

Gambar 3 menunjukkan bahwa Na, Si, Ca, Ti, Cr, Mn, Fe, Cu, Zn, Cl secara visual memiliki hubungan linier positif dengan Non-Pneumonia. Sedangkan jenis Logam lain secara visual memiliki hubungan linier negatif terhadap Non-pneumonia. Untuk membuktikan adanya korelasi antar variabel, dilakukan pengujian secara inferensia dengan hipotesis sebagai berikut.



Gambar 4. Scatterplot Pneumonia dengan Arah dan Kecepatan Angin.



Gambar 5. Scatterplot Pneumonia dengan Arah dan Kecepatan Angin.

$H_0$  : (Tidak ada hubungan antara variabel x dan y)

$H_1$  : (Ada hubungan antara variabel x dan y)

Dengan taraf signifikan  $\alpha = 0.1$  daerah tolak  $H_0$  berada pada  $p\text{-value} < \alpha$ .

Tabel 3 menunjukkan bahwa seluruh jenis Logam tidak berkorelasi dengan kasus ISPA Non-Pneumonia. Karena tidak ada yang berpengaruh, maka tidak dapat dilanjutkan pada analisis regresi.

3) Analisis Korelasi antara Pneumonia dengan Arah dan Kecepatan Angin

Secara visual, korelasi pneumonia dengan arah angin dan kecepatan angin disajikan pada Gambar 4. Gambar 4 menunjukkan bahwa arah angin dan kecepatan angin secara visual memiliki hubungan linier negatif dengan Pneumonia. Untuk membuktikan adanya korelasi antar variabel, dilakukan pengujian secara inferensia dengan hipotesis sebagai berikut.

$H_0$  : (Tidak ada hubungan antara variabel x dan y)

$H_1$  : (Ada hubungan antara variabel x dan y)

Dengan taraf signifikan  $\alpha = 0.1$  daerah tolak  $H_0$  berada pada  $p\text{-value} < \alpha$ .

Tabel 5 menunjukkan bahwa seluruh jenis Logam tidak berkorelasi dengan kasus ISPA Non-Pneumonia. Karena tidak ada yang berpengaruh, maka tidak dapat dilanjutkan pada analisis regresi.

4) Analisis Korelasi antara Pneumonia dengan Arah dan Kecepatan Angin

Secara visual, korelasi Non-pneumonia dengan arah angin dan kecepatan angin disajikan pada Gambar 5. Gambar 5 menunjukkan bahwa arah angin dan kecepatan angin secara visual memiliki hubungan linier positif dengan Non-

Tabel 4.

Uji Korelasi Pneumonia dengan Arah Angin dan Kecepatan Angin

Variabel	Pearson Correlation	P-Value	Kesimpulan
Arah Angin	-0.060	0.734	Tidak berkorelasi
Kecepatan Angin	-0.054	0.759	Tidak berkorelasi

Tabel 5.

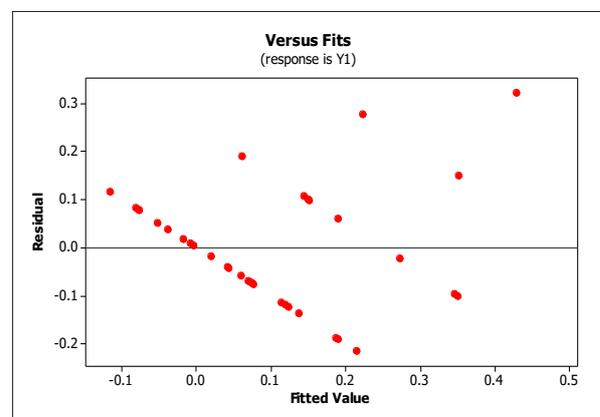
Uji Korelasi Non-Pneumonia dengan Arah Angin dan Kecepatan Angin

Variabel	Pearson Correlation	P-Value	Kesimpulan
Arah Angin	0.227	0.189	Tidak berkorelasi
Kecepatan Angin	0.025	0.889	Tidak berkorelasi

Tabel 6.

Nilai Tolerance dan VIF

Variabel	Tolerance	VIF
Si	0.202	4.941
Ca	0.192	5.220
Ti	0.214	4.673
Fe	0.483	2.071



Gambar 6. Pemeriksaan Asumsi Identik.

Pneumonia. Selanjutnya dilakukan pengujian secara inferensia dengan hipotesis:

$H_0$  : (Tidak ada hubungan antara variabel x dan y)

$H_1$  : (Ada hubungan antara variabel x dan y)

Dengan taraf signifikan  $\alpha = 0.1$  daerah tolak  $H_0$  berada pada  $p\text{-value} < \alpha$ .

Tabel 4 menunjukkan bahwa arah angin dan kecepatan angin tidak berkorelasi dengan kasus ISPA Pneumonia. Karena tidak ada yang berpengaruh, maka tidak dapat dilanjutkan pada analisis regresi.

Berdasarkan Zhang (2018) kecepatan angin memiliki hubungan dengan konsentrasi  $PM_{2.5}$  yaitu berkorelasi negatif dengan konsentrasi  $PM_{2.5}$  (semakin tinggi kecepatan angin maka semakin rendah konsentrasi  $PM_{2.5}$  di area tersebut) [8]. Namun jika dibandingkan dengan faktor meteorologi yang lainnya, kecepatan angin merupakan salah satu hubungannya paling rendah dengan  $PM_{2.5}$ .

Sehingga walaupun arah angin dari sumber pencemar menuju ke area A dengan kecepatan relatif tinggi namun humiditas udara di area sumber relatif tinggi, maka kecenderungan  $PM_{2.5}$  untuk terdispersi ke area A akan menjadi rendah. Hasilnya konsentrasi logam di area A tidak cukup tinggi untuk menjadi pemicu terjadinya penyakit ISPA, baik pneumonia maupun non-pneumonia.

C. Analisis Multikolinearitas

Multikolinieritas dapat diidentifikasi melalui beberapa hal, diantaranya dengan melihat nilai Tolerance dan Variance Inflation Factor (VIF). Apabila nilai Tolerance kurang dari

Tabel 7.

Pengujian Serentak Pengaruh Logam terhadap Pneumonia

Sumber Variasi	Db	Jumlah Kuadrat	Rata-rata Jumlah Kuadrat	F	P
Regresi	4	0.432	0.106	4.304	0.007
Galat	30	0.737	0.025		
Total	34	1.161			

Tabel 8.

Hipotesis Uji Parsial Pengaruh Logam terhadap Pneumonia

Variabel	Hipotesis
Si	H <sub>0</sub> : β <sub>1</sub> = 0 (Logam Si tidak berpengaruh terhadap kasus Pneumonia) H <sub>1</sub> : β <sub>1</sub> ≠ 0 (Terdapat pengaruh Logam Si terhadap kasus Pneumonia)
Ca	H <sub>0</sub> : β <sub>2</sub> = 0 (Logam Ca tidak berpengaruh terhadap kasus Pneumonia) H <sub>1</sub> : β <sub>2</sub> ≠ 0 (Terdapat pengaruh Logam Ca terhadap kasus Pneumonia)
Ti	H <sub>0</sub> : β <sub>3</sub> = 0 (Logam Ti tidak berpengaruh terhadap kasus Pneumonia) H <sub>1</sub> : β <sub>3</sub> ≠ 0 (Terdapat pengaruh Logam Ti terhadap kasus Pneumonia)
Fe	H <sub>0</sub> : β <sub>4</sub> = 0 (Logam Fe tidak berpengaruh terhadap kasus Pneumonia) H <sub>1</sub> : β <sub>4</sub> ≠ 0 (Terdapat pengaruh Logam Fe terhadap kasus Pneumonia)

Tabel 9.

Pengujian Serentak Pengaruh Logam terhadap Pneumonia

Variabel	Coef	SE Coef	t	P
Constant	0.258	0.075	3.443	0.002
Si	-0.002	0.001	-3.080	0.004
Ca	0.001	0.002	0.787	0.438
Ti	0.015	0.015	0.974	0.338
Fe	0.000	0.000	-0.398	0.694

0.1 dan nilai VIF lebih dari 10 maka model regresi terindikasi adanya multikolinieritas. Nilai *Tolerance* dan VIF dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6 menunjukkan bahwa seluruh nilai *tolerance* lebih dari 0.1 dan seluruh nilai VIF kurang dari 10, sehingga tidak terindikasi adanya multikolinierita, maka analisis dapat dilanjutkan ke tahapan selanjutnya.

D. Analisis Regresi

1) Uji Serentak

Dalam penelitian ini, uji serentak dilakukan untuk mengetahui apakah semua variabel prediktor memiliki pengaruh yang signifikan terhadap rata-rata kasus Pneumonia di empat Puskesmas di Kecamatan Waru.

Hipotesis :

H<sub>0</sub> : β<sub>0</sub> = β<sub>1</sub> = β<sub>2</sub> = β<sub>3</sub> = β<sub>4</sub> = 0 (tidak ada satupun Logam yang berpengaruh terhadap kasus Pneumonia)

H<sub>1</sub>: minimal ada satu β<sub>k</sub> ≠ 0 (terdapat satu atau lebih jenis Logam yang berpengaruh terhadap kasus Pneumonia)

Dengan taraf signifikan α = 0.1, tolak H<sub>0</sub> jika nilai F<sub>hitung</sub> > F<sub>α, df1, df2</sub> (2.27) atau p-value < α.

Statistik Uji dapat dilihat pada Tabel 7. Berdasarkan pengujian serentak yang dihasilkan dari tabel ANOVA pada tabel 7 menunjukkan bahwa nilai F<sub>hitung</sub> (4.304) > F<sub>0.1, 3, 31</sub> (2.27) dan p-value (0.007) < α (0.1) sehingga dapat diputuskan tolak H<sub>0</sub> dan didapatkan kesimpulan bahwa minimal ada satu jenis dari Logam (Si, Ca, Ti atau Fe) yang berpengaruh signifikan terhadap rata-rata kasus Pneumonia di sekitar Kecamatan Waru.

Tabel 10.

Uji Glejser pada Pengaruh Logam terhadap Pneumonia

Sumber Variasi	Db	Jumlah Kuadrat	Rata-rata Jumlah Kuadrat	F	P
Regresi	4	0.052	0.013	1.549	0.213
Galat	30	0.253	0.008		
Total	34	0.305			

Tabel 11.

Model Summary<sup>b</sup>

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	.604 <sup>a</sup>	.365	.280	.15679	1.328

a. Predictors: (Constant), Fe, Si, Ti, Ca

b. Dependent Variabel: Pnemumonia

Tabel 12.

ANOVA<sup>a</sup>

Model	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
1 Regression	.423	4	.106	4.304	.007 <sup>b</sup>
Residual	.737	30	.025		
Total	1.161	34			

a. Dependent Variabel: Pnemumonia

b. Predictors: (Constant), Fe, Si, Ti, Ca

2) Uji Parsial

Selanjutnya dilakukan pengujian secara parsial pada masing-masing variabel Logam dengan hipotesis sebagaimana dinyatakan pada Tabel 8 tentang hipotesis Uji Parsial.

Dengan taraf signifikan α = 0.1, tolak H<sub>0</sub> jika nilai t<sub>hitung</sub> > t<sub>α, df</sub> (1.695) atau p-value < α. Statistik uji dapat dilihat pada Tabel 9. Tabel 9 menunjukkan bahwa dari keempat jenis Logam yang diduga mempengaruhi kasus Pneumonia di sekitar Kecamatan Waru, hanya Logam Si yang berpengaruh secara signifikan terhadap rata-rata kasus Pneumonia yang terjadi di Puskesmas di sekitar Kecamatan Waru. Model yang terbentuk dari koefisien regresi adalah:

$$\hat{y} = 0.258 - 0.002x_1$$

Model tersebut menunjukkan bahwa setiap kenaikan kandungan Si pada udara sebesar 1 µg/m<sup>3</sup> akan menurunkan risiko terjadinya kasus Pneumonia sebesar 0.2%. Namun, berdasarkan model tersebut hanya didapatkan koefisien determinasi (R<sup>2</sup>) sebesar 36.5%. Artinya, kontribusi yang diberikan oleh x<sub>1</sub> atau Si terhadap model hanya sebesar 36.5%.

Hasil analisis ini tidak sesuai dengan penelitian Hoy (2020) yang menyatakan bahwa paparan logam silica yang mudah terhirup (*Respirable crystalline silica*) secara terus menerus dalam kurun waktu yang lama dapat menyebabkan silicosis, yang merupakan salah satu jenis pneumonia yang paling fatal [9]. Batas aman untuk paparan RCS adalah 0,05 mg/m<sup>3</sup>. Logam silica mudah terhirup biasanya berukuran kurang dari 5 µm.

Namun berdasarkan Mannetje, et al.(2002) Perkiraan kematian pada umur 65 setelah selama 45 tahun terpapar silica pada konsentrasi 0.1 mg/m<sup>3</sup> silica (standar ambang batas konsentrasi Si pada kebanyakan Negara sekarang) adalah 13 per 1000 orang, sedangkan risiko pada orang yang terpapar pada konsentrasi 0.05 mg/m<sup>3</sup> adalah 6 per 1000 orang [10].Penelitian Mannetje, et al (2002) mengindikasikan

Tabel 13. Coefficients<sup>a</sup>

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Collinearity Statistics	VIF
	B	Std. Error	Beta			Tolerance	
1 (Constant)	.258	.075		3.443	.002		.075
Si	-.002	.001	-.996	-3.080	.004	.202	.001
Ca	.001	.002	.262	.787	.438	.192	.002
Ti	.015	.015	.306	.974	.338	.214	.015
Fe	.000	.000	-.083	-.398	.694	.483	.000

a. Dependent Variabel: Pnemumonia

Tabel 14. ANOVA<sup>a</sup>

Model	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
1 Regression	.052	4	.013	1.549	.213 <sup>b</sup>
Residual	.253	30	.008		
Total	.305	34			

a. Dependent Variabel: Abs\_Resid

b. Predictors: (Constant), Fe, Si, Ti, Ca

Tabel 15.

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

	Unstandardized Residual
N	35
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	
Mean	.0000000
Std. Deviation	.14727909
Most Extreme Differences	
Absolute	.121
Positive	.121
Negative	-.082
Test Statistic	.121
Asymp. Sig. (2-tailed)	.200 <sup>c,d</sup>

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

c. Lilliefors Significance Correction.

d. This is a lower bound of the true significance.

bahwa pengaruh paparan Si pada manusia hanya akan berdampak setelah paparan berlangsung dalam kurun waktu puluhan tahun [10].

Sehingga model yang didapatkan dari analisis regresi ini dapat dibaca sebagai: Tingkat kontribusi Si terhadap model hanya sebesar 36,5%, sedangkan 63.5% sisanya dipengaruhi oleh variabel-variabel lain yang ada di luar model. Variabel-variabel lain tersebut bisa jadi merupakan jenis Logam yang dalam penelitian ini tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap rata-rata kasus Pneumonia.

### 3) Pemeriksaan Asumsi IIDN

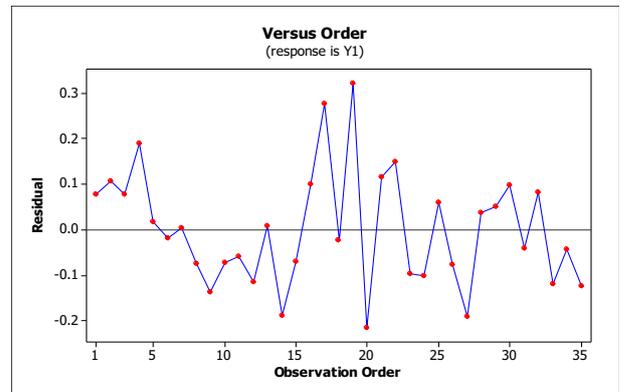
Pemeriksaan asumsi identik dapat dilihat secara visual melalui *scatterplot* antara variabel respons dengan residual. Gambar 6 menunjukkan titik-titik residual dalam grafik menyebar secara rata, hal ini menunjukkan bahwa residual data secara visual telah memenuhi asumsi identik. Selanjutnya dilakukan uji identik secara inferensia menggunakan uji *glejser* dengan hipotesis sebagai berikut.

H<sub>0</sub> : residual bersifat identik

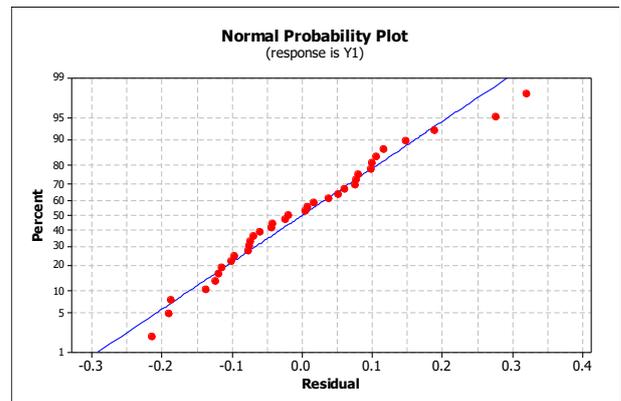
H<sub>1</sub> : residual data tidak identik

Dengan taraf signifikan  $\alpha = 0.1$ , tolak H<sub>0</sub> jika nilai  $F_{hitung} > F_{\alpha, df1, df2}$  (2.27) atau  $p\text{-value} < \alpha$ . Statistik Uji dapat dilihat pada Tabel 10.

Berdasarkan Tabel 10 Diketahui bahwa nilai  $F_{hitung}$  (1.549)  $< F_{0.1, 3, 31}$  (2.27) dan  $p\text{-value}$  (0.213)  $> \alpha$  (0.1) sehingga dapat diputuskan gagal tolak H<sub>0</sub>. Jadi residual model yang terbentuk dari pengaruh Logam terhadap Pneumonia telah memenuhi asumsi identik. Selanjutnya akan dilakukan uji independen pada residual dari model yang terbentuk. Pemeriksaan asumsi independen secara visual dapat dilihat dari gambar 7.



Gambar 7. Pemeriksaan Asumsi Independen.



Gambar 8. Normal Probability Plot.

Gambar 7 adalah grafik *versus order* yang menunjukkan bahwa residual fluktuatif dan tidak membentuk pola tertentu sehingga secara visual residual dari model tersebut telah memenuhi asumsi independen.

Selanjutnya akan dilakukan pengujian inferensia dengan hipotesis sebagai berikut.

H<sub>0</sub> :  $\rho = 0$  (Residual data bersifat independen)

H<sub>0</sub> :  $\rho \neq 0$  (Residual data bersifat dependen)

Tolak H<sub>0</sub> jika  $d < d_u$  atau  $(4 - d) < d_l$  dimana  $d_u = 1,73$  dan  $d_l = 1.22$

Berdasarkan uji *Durbin-Watson* (lampiran) didapatkan nilai  $d = 1.328$  sehingga diputuskan gagal tolak H<sub>0</sub> karena  $d$  (1.328)  $< d_u$  (1.73) atau  $(4 - 1.328) < 1.22$ . berarti residual dari model memenuhi asumsi independen.

Asumsi terakhir yang harus terpenuhi pada analisis regresi adalah residual harus berdistribusi normal. Pengujian asumsi distribusi normal digunakan untuk mengetahui apakah data berdistribusi normal atau tidak. Secara visual, normalitas residual dapat dilihat pada gambar 8.

Berdasarkan grafik *normal probability plot* pada gambar 8, terlihat bahwa titik-titik residual mengikuti garis linier sehingga secara visual dapat dikatakan residual telah berdistribusi normal. Selanjutnya akan dibuktikan dengan uji

*Komolgorov-Smirnov* apakah secara inferensia residual telah berdistribusi normal dengan hipotesis sebagai berikut.

$H_0$  : Residual data berdistribusi Normal

$H_1$  : Residual data tidak berdistribusi normal

Dengan taraf signifikan  $\alpha = 0,1$   $H_0$  ditolak jika  $|D| > d_{\alpha,n}$  (0.201) atau  $p\text{-value} < \alpha$

Lampiran *Output* Analisis Regresi Pneumonia dan Logam Berat menunjukkan bahwa nilai  $|D|$  (0.121)  $< d_{\alpha,n}$  (0.201) dan  $p\text{-value}$  (0.200)  $> 0.1$  sehingga dapat disimpulkan bahwa residual dari model telah berdistribusi normal.

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil uji korelasi dan analisis regresi yang sudah dilakukan dapat disimpulkan bahwa dari semua logam yang diuji, hanya Logam Si yang berpengaruh secara signifikan terhadap rata-rata kasus Pneumonia yang terjadi di empat Puskesmas di Kecamatan Waru dengan model:

$$\hat{y} = 0.258 - 0.002x_1$$

Model tersebut menunjukkan bahwa setiap kenaikan kandungan Si pada udara sebesar  $1 \text{ mg/m}^3$  akan menurunkan risiko terjadinya kasus Pneumonia sebesar 0.2%. Berdasarkan model tersebut hanya didapatkan koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 36.5%. Artinya, kontribusi yang diberikan oleh  $x_1$  atau Si terhadap model hanya sebesar 36.5%, sedangkan 63.5% sisanya dipengaruhi oleh variabel-variabel lain yang ada di luar model.

Tidak ada logam yang berpengaruh signifikan terhadap penyakit ISPA non-pneumonia

Arah dan kecepatan angin tidak berpengaruh signifikan terhadap kejadian penyakit pneumonia maupun penyakit non-

pneumonia.

#### LAMPIRAN

*Output* Analisis Regresi Pneumonia dan Logam Berat dapat dilihat pada Tabel 11 hingga Tabel 13. Tabel 11 menjelaskan tentang Model Summary, Tabel 12 dan Tabel 14 menunjukkan nilai ANOVA, Tabel 13 menunjukkan Coefficient yang digunakan, dan Tabel 15 menunjukkan hasil dari One-Sample Kolmogorov Test.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. N. D. Mahalastri, "Hubungan antara pencemaran udara dalam ruang dengan kejadian pneumonia balita," *J. Berk. Epidemiol.*, vol. 2 No.3, hal. 392–393, 2014.
- [2] Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Timur, *Profil Kesehatan Provinsi Jawa Timur Tahun 2019*. Surabaya: Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Timur, 2020.
- [3] G. . Humairoh, "Identifikasi Pencemar Logam Pada Udara Ambien Studi Kasus: Zona Industri Di Waru, Sidoarjo, Jawa Timur," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2019.
- [4] R. E. Walpole, *Pengantar Statistika Edisi ke-3*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama, 1993.
- [5] D. C. Montgomery, *Introduction to Linear Regression Analysis 4th Edition*. New Jersey: Wiley-Interscience.
- [6] Sudjana, *Teknik Analisis Regresi dan Korelasi Bagi Peneliti*. Bandung: Penerbit Tarsito, 1996.
- [7] V. Gaspersz, *Teknik Analisa Dalam Penelitian Percobaan, Edisi Pertama*. Bandung: Penerbit Tarsito, 1995.
- [8] Y. Zhang dan W. Jiang, "Pollution characteristic and influencing factors of atmospheric particulate matter (PM<sub>2.5</sub>) in Chang-Zhu-Tan area," *Earth Environ. Sci.*, vol. 108, 2018.
- [9] R. F. Hoy dan D. C. Chambers, "Silica-related aiseases in the modern world," *Allergy*, vol. 70 No.11, hal. 2805–2817, 2020.
- [10] A. Mannetje, K. Steenland, dan M. Attfield, "Exposure-response analysis and risk assesment for silica and silicosis mortality in a pooled analysis of six cohorts," *Occup. Environ. Med.*, vol. 59 No.11, 2002.