

KAJIAN KONSENTRASI NO₂, O₃ DAN PM₁₀ DI UDARA TERHADAP KEJADIAN PENYAKIT ISPA PNEUMONIA DAN NON-PNEUMONIA DI WONOREJO, SURABAYA DAN SEKITARNYA

STUDY OF AIRBORNE CONCENTRATIONS OF NO₂, O₃ AND PM₁₀ ON THE INCIDENCE OF PNEUMONIA AND NON-PNEUMONIA IN WONOREJO, SURABAYA AND SURROUNDING AREAS

Alvian Phyrismanda Prasetyo¹⁾, Arie Dipareza Syafei^{1*)}

¹⁾Departemen Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia

^{*)}E-mail: dipareza@enviro.its.ac.id

Abstrak

Wonorejo merupakan salah satu daerah di Surabaya, dimana terdapat jalan yang banyak digunakan oleh masyarakat Surabaya untuk pergi dan pulang kerja yaitu Jalan MERR. Hal ini menyebabkan udara di Wonorejo dan sekitarnya mengalami pencemaran dari kendaraan bermotor yang melewati Jalan MERR. Beberapa polutan yang dapat mencemari udara yaitu NO₂, O₃ dan PM₁₀. Polutan tersebut dapat mengganggu kesehatan manusia salah satunya yaitu Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA). Untuk itu perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui hubungan dan pengaruh polutan NO₂, O₃, PM₁₀ dan faktor meteorologis terhadap kejadian penyakit ISPA pneumonia dan non-pneumonia. Data yang digunakan yaitu data polutan dan faktor meteorologis dari DLH Kota Surabaya, serta data kejadian penyakit ISPA pneumonia dan non-pneumonia dari puskesmas sekitar Stasiun Pemantau Kualitas Udara (SPKU) Wonorejo dari tahun 2016-2019. Pada penelitian ini digunakan *software* SPSS untuk mengolah data dengan metode uji korelasi, uji multikolinearitas dan analisis regresi linear berganda. Dimana untuk variabel Y berupa jumlah kejadian penyakit pneumonia dan non-pneumonia, sedangkan variabel X berisi konsentrasi NO₂, O₃, PM₁₀, arah angin, kecepatan angin, suhu, kelembaban dan radiasi matahari. Berdasarkan hasil uji korelasi dapat diketahui bahwa O₃, PM₁₀ dan kelembaban memiliki hubungan yang signifikan terhadap penyakit pneumonia, sedangkan yang berhubungan signifikan dengan penyakit non-pneumonia adalah arah angin dan kecepatan angin. Sedangkan dari arah angin dan kecepatan angin, tidak ada yang berpengaruh signifikan terhadap penyakit non-pneumonia.

Kata kunci: ISPA pneumonia dan non-pneumonia, Nitrogen dioksida (NO₂), Ozon (O₃), PM₁₀, Regresi linear berganda

Abstract

One of the cities with the largest population and the highest increase in population growth is Surabaya. The increasing population will result in an increase in activities such as industrial activities, use of motorized vehicles and other activities that can reduce air quality. Wonorejo is the area where one of the busiest road in Surabaya is located, namely MERR Road, which is massively used by workers to go to and from work. In Wonorejo, there are also Air Quality Monitoring Stations located at the Wonorejo Seed Garden that are still operating. Some of the pollutants that can reduce air quality are Nitrogen Oxide (NO₂) Ozone (O₃) Particulate Matter (PM₁₀). These pollutants can harm human health if inhaled or exposed to them continuously or excessively and can cause diseases such as Acute Respiratory Infections (ARIs) pneumonia and non-pneumonia. The objective of this research was to determine the correlation between concentrations of Nitrogen Oxide (NO₂) Ozone (O₃) Particulate Matter (PM₁₀), wind direction, wind speed, temperature,

humidity and global radiation to the acute respiratory infections (ARIs) pneumonia and non-pneumonia cases from 2016-2019. The data required in this study are secondary meteorological data including Nitrogen Oxide (NO₂) Ozone (O₃) Particulate Matter (PM₁₀), wind direction, wind speed, temperature, humidity and global radiation obtained from the Surabaya City Environmental Service, as well as data of the number of the acute respiratory infections (ARIs) pneumonia and non-pneumonia cases obtained from Public Health Center (Puskesmas) within a radius of 5 km from Air Quality Monitoring Stations Wonorejo (SUF 6). All data that has been taken are analyzed by determining the monthly average cases of pneumonia and non-pneumonia disease, then these data are processed with statistical test analysis using SPSS software. This statistical test uses two variables that is variable Y (the number of cases of the acute respiratory infections (ARIs) pneumonia and non-pneumonia) and variable X (concentration of Nitrogen Oxide (NO₂) Ozone (O₃) Particulate Matter (PM₁₀), wind direction, wind speed, temperature, humidity and global radiation). The analysis method used is the correlation test, multicollinearity test, and multiple regression analysis. With this analysis method, it can be seen that O₃, PM₁₀ and humidity have a significant relationship with pneumonia, meanwhile that have a significant relationship with non-pneumonia are wind direction and wind speed. Meanwhile, wind direction and wind speed have no significant effect on the incidence of non-pneumonia. The variable Nitrogen Oxide (NO₂), temperature and global radiation do not have a significant effect on the number of cases of pneumonia and non-pneumonia.

Keywords: ISPA pneumonia and non-neumonia, Nitrogen dioksida (NO₂), Ozon (O₃), PM₁₀, Multiple linear regression

1. PENDAHULUAN

Wonorejo, sebuah daerah di Surabaya, memiliki Jalan MERR yang sering digunakan oleh masyarakat Surabaya dan Sidoarjo. Setiap hari, jalan ini dilintasi oleh hampir 5.000 kendaraan bermotor pada pagi hari dan 4.000 unit pada sore hari (Alfiah & Yuliawati, 2018). Jumlah kendaraan sebanyak itu berpotensi menghasilkan polutan yang banyak dan dapat berpengaruh terhadap lingkungan serta kesehatan manusia di sekitarnya. Beberapa polutan yang menjadi bahan pencemar udara diantaranya NO₂, O₃ dan PM₁₀ dapat menyebabkan iritasi pada saluran pernapasan (Aisyah, 2018). Polutan tersebut juga berkemungkinan dapat menyebabkan infeksi saluran pernapasan akut (ISPA). Polutan di udara ambien sendiri sudah memiliki baku mutu yang diatur dalam Peraturan Pemerintah RI No. 22 Tahun 2021. Peraturan Pemerintah RI No. 22 Tahun 2021 mengatur baku mutu udara ambien sebagai bagian dari upaya perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup di Indonesia. Baku mutu udara ambien ditetapkan untuk menjaga kualitas udara agar tetap dalam batas yang aman bagi kesehatan masyarakat dan lingkungan.

ISPA dapat berupa pneumonia atau non-pneumonia. Pneumonia merupakan masalah kesehatan yang cukup serius di Indonesia, termasuk di Surabaya. Pneumonia sendiri menduduki peringkat kedua pada penyebab kematian anak umur 1-4 tahun dan ditetapkan

menjadi masalah kesehatan utama di Indonesia berdasarkan Kementerian Kesehatan RI. 2010. "Pneumonia Balita". Buletin Jendela Epidemiologi. Pneumonia merupakan proses infeksi akut yang mengenai jaringan paru-paru akibat jamur, bakteri, virus dan partikel lainnya (Maitatorum & Zulaekah, 2021). Sedangkan Non-pneumonia adalah infeksi saluran pernapasan atas akut yang dikenal seperti batuk atau pilek yang tidak diikuti dengan gejala meningkatnya frekuensi pernapasan dan tidak ada tarikan dinding dada bagian bawah ke dalam (Diseases, 2001).

Berdasarkan Penelitian (Lestari et al., 2021) bahwa UNICEF melaporkan bahwa kondisi lingkungan yang buruk, termasuk polusi udara, dapat menyebabkan kematian balita di dunia. Penyakit ISPA, termasuk pneumonia, merupakan penyebab utama kematian balita di Indonesia. Data dari Riskedas 2013 menunjukkan bahwa period prevalence pneumonia berdasarkan diagnosis/gejala sebesar 1,8%, yang menunjukkan hubungan antara polusi udara dan peningkatan insiden ISPA.

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan hubungan dan pengaruh konsentrasi NO₂, O₃, PM₁₀ dan faktor meteorologis terhadap jumlah kejadian penyakit ISPA pneumonia dan non-pneumonia di Wonorejo dan sekitarnya selama tahun 2016-2019 menggunakan *software* SPSS.

2. METODA

2.1. Pengumpulan Data

Pada penelitian ini, data yang dikumpulkan berupa data sekunder 4 tahun terakhir dari tahun 2016-2019. Data tersebut yaitu data jumlah kejadian penyakit ISPA pneumonia dan non-pneumonia dari puskesmas yang berada dalam radius 5 km dari SPKU Wonorejo, serta data NO_2 , O_3 , PM_{10} , arah angin, kecepatan angin, suhu, kelembaban dan radiasi matahari dari DLH Kota Surabaya. Puskesmas yang berada dalam radius 5 km dari SPKU Wonorejo yaitu Puskesmas Medokan Ayu, Puskesmas Keputih, Puskesmas Klampis Ngasem, Puskesmas Menur, Puskesmas Sidosermo, Puskesmas Tenggilis dan Puskesmas Gunung Anyar.

2.2. Analisis Data

Setelah mendapatkan semua data, dilakukan rekapitulasi data setiap bulan dari tahun 2016-2019 dan mendapatkan 48 data setiap variabel. Kemudian dilakukan analisis uji statistik menggunakan *software* SPSS dengan taraf signifikan sebesar 5%. Dimana pada uji statistik ini terdapat dua variabel antara lain, variabel terikat (Y) adalah jumlah kejadian penyakit pneumonia dan non-pneumonia, sedangkan untuk variabel bebas (X) adalah NO_2 , O_3 , PM_{10} , arah angin, kecepatan angin, suhu, kelembaban, radiasi matahari. Langkah awal uji statistik ini adalah uji korelasi menggunakan korelasi *pearson* dan *spearman* untuk mengetahui hubungan antara variabel X dengan variabel Y. Setelah mengetahui variabel X mana yang memiliki hubungan dengan variabel Y dilakukan uji multikolinearitas untuk mengetahui apakah terdapat multikolinearitas antar variabel X. Selanjutnya dilakukan uji serentak dengan metode uji *anova*, uji parsial dengan metode uji *t*, dan uji asumsi IIDN (Identik, Independen, dan Distribusi Normal) menggunakan uji *Glejser*, uji *Durbin-Watson* dan uji *Kolmogorov-Smirnov*.

Pada uji korelasi variabel memiliki hubungan yang signifikan jika nilai signifikan < taraf signifikan (Purnomo, 2017). Nilai VIF > 10 pada uji multikolinearitas menunjukkan bahwa terdapat multikolinearitas antar variabel bebas (Yunaeni Risdiana, 2020). Bila hasil uji

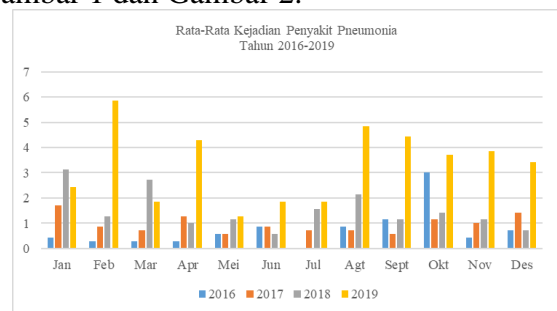
serentak (uji F) menghasilkan $F_{hitung} > F_{tabel}$ atau nilai signifikan < taraf signifikan, maka terdapat minimal 1 variabel X yang berpengaruh terhadap variabel Y dan sebaliknya (Edy et al., 2022). Variabel X berpengaruh signifikan terhadap variabel Y jika $t_{hitung} > t_{tabel}$ atau nilai signifikan < taraf signifikan dan sebaliknya (Edy et al., 2022).

Jika nilai t_{hitung} pada uji *Glejser* < $t_{\alpha/2(n-p)}$ atau nilai signifikan > taraf signifikan, menandakan bahwa residual model regresi telah memenuhi asumsi identik. Residual model regresi telah memenuhi asumsi independen jika $d > d_U$ atau $4-d > d_U$. Sedangkan residual model regresi telah memenuhi asumsi distribusi normal jika nilai test statistic > nilai tabel *kolmogorov-smirnov* atau nilai signifikan < taraf signifikan (Safitri et al., 2017).

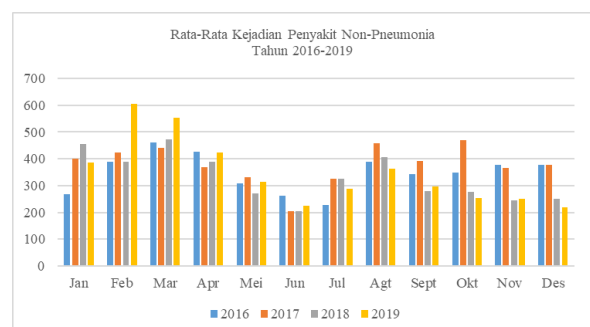
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Data Penyakit ISPA Pneumonia dan Non-Pneumonia

Setelah mendapatkan data kejadian penyakit pneumonia dan non-pneumonia setiap puskesmas yang masuk dalam wilayah studi penelitian, dilakukan rekapitulasi setiap bulannya dan mendapatkan hasil seperti pada Gambar 1 dan Gambar 2.

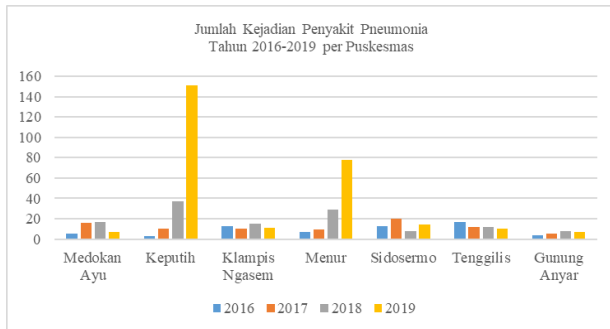


Gambar 1: Rata-rata kejadian penyakit pneumonia tahun 2016-2019

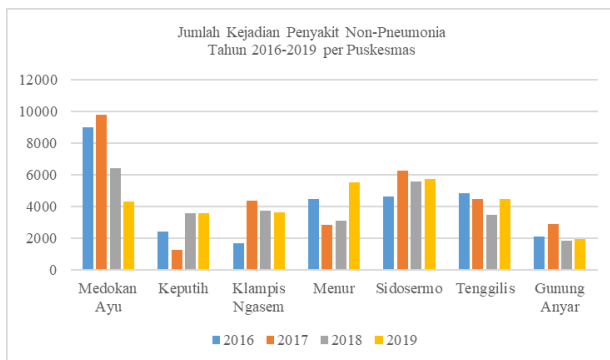


Gambar 2: Rata-rata kejadian penyakit non-pneumonia tahun 2016-2019

Berdasarkan grafik yang menunjukkan rata-rata kejadian penyakit pneumonia dan non-pneumonia setiap tahun, terlihat adanya fluktuasi yang signifikan pada beberapa bulan tertentu. Penyakit pneumonia kejadian tertinggi setiap tahunnya yaitu tahun 2016 bulan Oktober, tahun 2017-2018 bulan Januari dan tahun 2019 bulan Februari. Sedangkan untuk penyakit non-pneumonia kejadian tertinggi tahun 2016 bulan Maret, tahun 2017 bulan Oktober, tahun 2018 bulan Maret dan tahun 2019 bulan Februari. Dilakukan juga rekapitulasi setiap bulan pada masing-masing puskesmas dan mendapatkan hasil seperti pada Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 3: Jumlah kejadian penyakit pneumonia tahun 2016-2019 per puskesmas

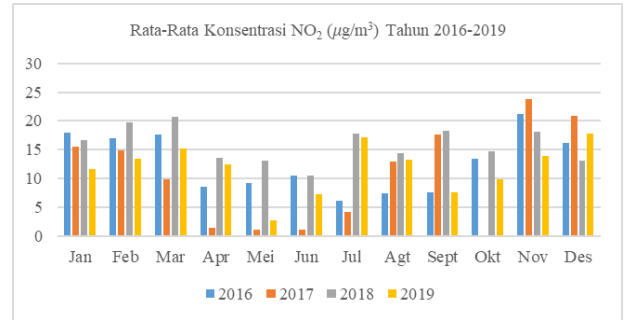


Gambar 4: Jumlah kejadian penyakit non-pneumonia tahun 2016-2019 per puskesmas

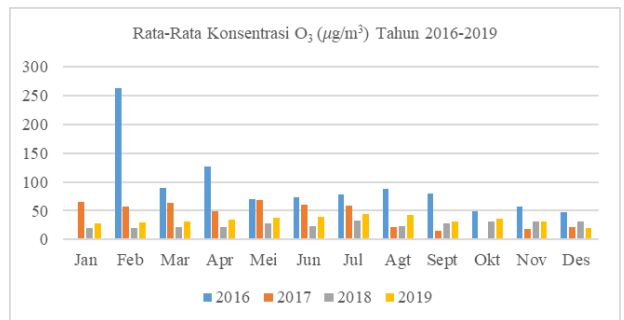
Dari grafik diatas dapat diketahui kejadian tertinggi untuk penyakit pneumonia tahun 2016 terjadi di Puskesmas Tenggilis, tahun 2017 terjadi di Puskesmas Sidosermo dan tahun 2018-2019 terjadi di Keputih. Sedangkan untuk penyakit non-pneumonia tahun 2016-2018 terjadi di Puskesmas Medokan Ayu dan tahun 2019 terjadi di Puskesmas Sidosermo.

3.2. Data Polutan NO₂, O₃ dan PM₁₀

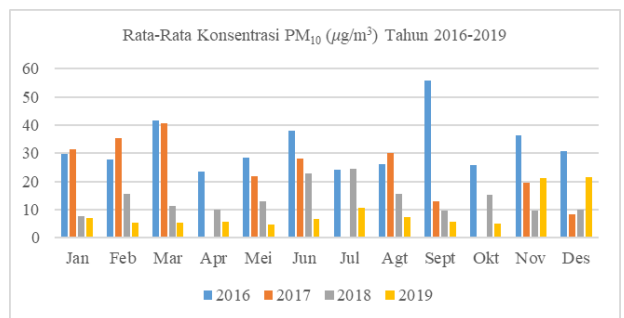
Grafik data rata-rata konsentrasi polutan NO₂, O₃ dan PM₁₀ tahun 2016-2019 yang telah diperoleh dari DLH Kota Surabaya dapat dilihat pada Gambar 5 – Gambar 7



Gambar 5: Rata-rata konsentrasi NO₂ tahun 2016-2019



Gambar 6: Rata-rata konsentrasi O₃ tahun 2016-2019



Gambar 7: Rata-rata konsentrasi PM₁₀ tahun 2016-2019

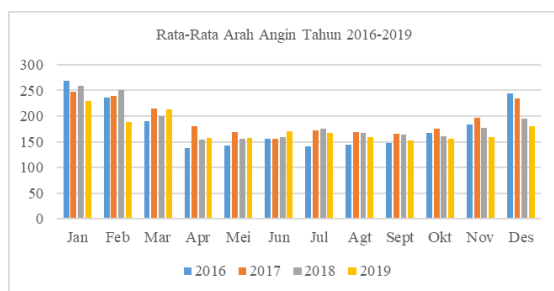
Berdasarkan ketiga grafik tersebut, dapat diketahui bahwa konsentrasi tertinggi untuk polutan NO₂ terjadi pada bulan November tahun 2017 sebesar 23,85 µg/m³, polutan O₃ terjadi pada bulan Februari tahun 2016 sebesar 263,79 µg/m³ dan polutan PM₁₀ terjadi pada bulan September tahun 2016 sebesar 55,70 µg/m³.

Konsentrasi tertinggi polutan NO₂ dan PM₁₀

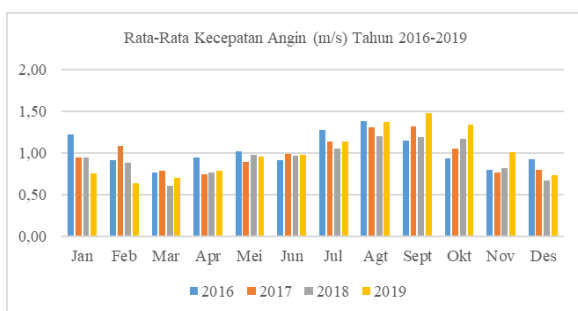
dalam 1 tahun terjadi pada tahun 2018 sebesar $15,88 \mu\text{g}/\text{m}^3$ untuk NO_2 dan tahun 2016 sebesar $32,30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ untuk PM_{10} , dimana masih dibawah baku mutu sebesar $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ untuk NO_2 dan $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ untuk PM_{10} dalam 1 tahun (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22, 2021). Sedangkan konsentrasi dalam 1 tahun polutan O_3 tahun 2016-2017 sebesar $85,20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan $41,65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ diatas baku mutu, tetapi tahun 2018-2019 sebesar $26,01 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan $33,53 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dibawah baku mutu sebesar $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ untuk O_3 dalam 1 tahun (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22, 2021).

3.3. Data Faktor Meteorologis

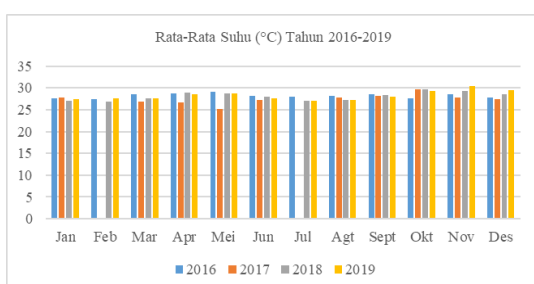
Data faktor meteorologis yang sudah diperoleh dari DLH Kota Surabaya setiap bulannya tahun 2016-2019 dapat dilihat pada Gambar 8 – Gambar 12.



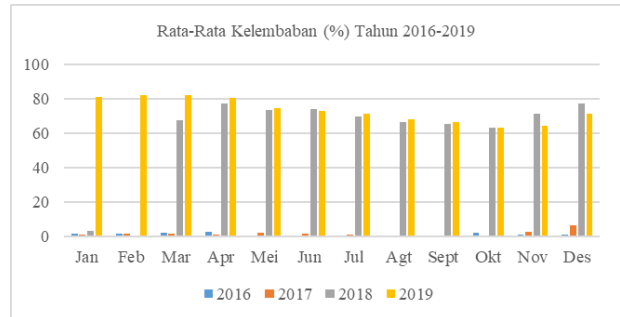
Gambar 8: Rata-rata arah angin tahun 2016-2019



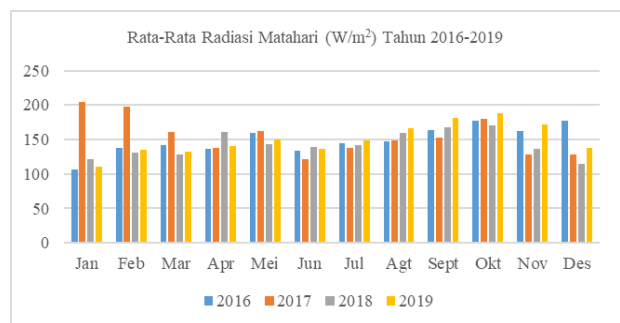
Gambar 9: Rata-rata kecepatan angin tahun 2016-2019



Gambar 10: Rata-rata suhu tahun 2016-2019



Gambar 11: Rata-rata kelembaban tahun 2016-2019



Gambar 12: Rata-rata radiasi matahari tahun 2016-2019

Dari grafik faktor meteorologis, dapat diketahui bahwa kejadian tertinggi untuk kecepatan angin terjadi pada bulan September tahun 2019, suhu terjadi pada bulan November tahun 2019, kelembaban terjadi pada bulan Februari tahun 2019 dan untuk radiasi matahari terjadi pada bulan Januari tahun 2017. Untuk mengetahui arah angin maka data arah angin diolah menggunakan WRPLOT menjadi *windrose* yang hasilnya dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13: Windrose SPKU Wonorejo tahun 2016-2019

Dari gambar tersebut dapat diketahui bahwa arah angin tahun 2016-2019 di SPKU Wonorejo dan sekitarnya lebih sering berhembus dari arah Selatan menuju arah Utara dengan kecepatan angin tertinggi yaitu $1,5 \text{ m/s}$.

3.4. Hubungan dan Pengaruh Polutan dan Faktor Meteorologis Terhadap Jumlah Kejadian Penyakit Pneumonia

1. Uji Korelasi

Untuk hasil uji korelasi terhadap penyakit pneumonia dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil uji korelasi terhadap penyakit pneumonia

Variabel	Nilai Korelasi	Nilai Signifikan
NO ₂	0,050	0,738
O ₃	-0,316	0,029
PM ₁₀	-0,409	0,004
Arah Angin	0,064	0,666
Kecepatan Angin	0,018	0,901
Suhu	0,098	0,508
Kelembaban	0,532	0,000
Radiasi Global	0,173	0,239

Dari hasil uji korelasi ini dapat diketahui bahwa variabel yang berhubungan signifikan dengan jumlah kejadian penyakit pneumonia adalah O₃, PM₁₀ dan kelembaban, karena memiliki nilai signifikan yang lebih kecil dari 0,05. Sedangkan NO₂, arah angin, kecepatan angin, suhu dan radiasi matahari tidak memiliki hubungan yang signifikan dengan kejadian penyakit pneumonia, karena nilai signifikan lebih besar dari 0,05.

2. Uji Multikolinearitas

Untuk hasil uji multikolinearitas antar variabel yang berhubungan signifikan dengan penyakit pneumonia dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil uji multikolinearitas

Variabel	VIF
O ₃	1,242
PM ₁₀	1,517
Kelembaban	1,461

Hasil uji multikolinearitas antara O₃, PM₁₀ dan kelembaban menghasilkan VIF dibawah 10 semua, dimana hasil tersebut menandakan bahwa tidak terjadi multikolinearitas.

3. Uji Serentak (Uji F)

Untuk uji serentak terhadap penyakit pneumonia, nilai F_{tabel} atau F_{0,05} (3;44) yaitu sebesar 2,82 yang diperoleh dari tabel F_{0,05}. Hasil uji serentak (uji F) dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil uji serentak (uji F) terhadap penyakit pneumonia

Variabel	F _{hitung}	Nilai Signifikan
O ₃		
PM ₁₀	6,684	0,001
Kelembaban		

Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa nilai F_{hitung} yaitu 6,684 lebih besar dari nilai F_{tabel} sebesar 2,82 dan nilai signifikan sebesar 0,001 lebih kecil dari taraf signifikan sebesar 0,05 yang berarti minimal terdapat satu variabel yang berpengaruh terhadap penyakit pneumonia.

4. Uji Parsial (Uji t)

Nilai t_{tabel} (0,05/2;44) pada uji parsial terhadap penyakit pneumonia yang diperoleh dari tabel t yaitu 2,015. Hasil uji parsial (uji t) dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil uji parsial (uji t) terhadap penyakit pneumonia

Variabel	t _{hitung}	Nilai Signifikan
O ₃	-0,762	0,450
PM ₁₀	-0,922	0,361
Kelembaban	2,758	0,008

Berdasarkan hasil tersebut dapat diketahui bahwa variabel yang berpengaruh signifikan terhadap penyakit pneumonia adalah kelembaban karena nilai t_{hitung} kelembaban yaitu 2,758 lebih besar dari t_{tabel} sebesar 2,015 dan diperkuat dengan nilai signifikan sebesar 0,008 yang lebih kecil dari taraf signifikan sebesar 0,05. Untuk O₃ dan PM₁₀ tidak berpengaruh signifikan karena nilai t_{hitung} O₃ sebesar 0,762 dan PM₁₀ sebesar 0,922 lebih kecil dari 2,015 dan nilai signifikan lebih besar dari 0,05.

5. Uji Glejser

Nilai t_{tabel} (0,05/2;44) pada uji Glejser yang diperoleh dari tabel t yaitu sebesar 2,015. Hasil uji Glejser dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil uji Glejser

Variabel	t _{hitung}	Nilai Signifikan
O ₃	-0,250	0,804
PM ₁₀	-0,626	0,535
Kelembaban	2,900	0,006

Dari hasil uji Glejser, didapatkan nilai t_{hitung}

sebesar 0,250 dimana nilai tersebut lebih kecil dari t_{tabel} sebesar 2,015 dan diperkuat dengan nilai signifikan sebesar 0,804 yang lebih besar dari taraf signifikan sebesar 0,05. Hasil tersebut menyatakan bahwa residual model regresi telah memenuhi asumsi identik.

6. Uji Durbin-Watson

Untuk uji *Durbin-Watson* dapat diketahui dari tabel *Durbin-Watson* (3;48) yaitu nilai d_U sebesar 1,6708. Hasil uji *Durbin-Watson* dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil uji *Durbin-Watson*

Variabel	d	4-d
O ₃		
PM ₁₀	1,527	2,473
Kelembaban		

Berdasarkan hasil uji *Durbin-Watson*, didapatkan nilai d sebesar 1,527 dan dengan begitu nilai $4-d$ adalah 2,473 dimana nilai tersebut lebih besar dari d_U sebesar 1,6708. Hasil tersebut menyatakan bahwa residual model regresi telah memenuhi asumsi independen.

7. Uji Kolmogorov-Smirnov

Nilai dari tabel *Kolmogorov-Smirnov* (0,05;48) yaitu sebesar 0,194 yang diperoleh dari tabel *Kolmogorov-Smirnov*. Hasil uji *Kolmogorov-Smirnov* dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil uji *Kolmogorov-Smirnov*

Variabel	Test Statistic
O ₃	
PM ₁₀	0,146
Kelembaban	

Berdasarkan hasil uji *Kolmogorov-Smirnov*, didapatkan nilai test statistic sebesar 0,146 dimana nilai tersebut lebih kecil dari nilai tabel *Kolmogorov-Smirnov* sebesar 0,194. Hasil tersebut menyatakan bahwa residual model regresi telah memenuhi asumsi distribusi normal.

3.5 Hubungan Terhadap Jumlah Kejadian Penyakit Non-Pneumonia

1. Uji Korelasi

Untuk hasil uji korelasi terhadap penyakit non-pneumonia dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil uji korelasi terhadap penyakit non-pneumonia

Variabel	Nilai Korelasi	Nilai Signifikan
NO ₂	0,174	0,236
O ₃	0,046	0,758
PM ₁₀	-0,046	0,756
Arah Angin	0,374	0,009
Kecepatan Angin	-0,299	0,039
Suhu	-0,093	0,530
Kelembaban	-0,154	0,295
Radiasi Global	0,033	0,821

Dari hasil uji korelasi ini dapat diketahui bahwa variabel yang berhubungan signifikan dengan jumlah kejadian penyakit non-pneumonia adalah arah angin dan kecepatan angin, karena memiliki nilai signifikan yang lebih kecil dari 0,05. Sedangkan NO₂, O₃, PM₁₀, suhu, kelembaban dan radiasi matahari tidak berhubungan signifikan dengan jumlah kejadian penyakit pneumonia, karena nilai signifikan lebih besar dari 0,05.

2. Uji Multikolinearitas

Untuk hasil uji multikolinearitas antar variabel yang berhubungan signifikan dengan penyakit non-pneumonia dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil uji multikolinearitas

Variabel	VIF
Kecepatan Angin	1,158
K4	1,202
K6	1,131
K7	1,066

Hasil uji multikolinearitas antara arah angin dan kecepatan angin menghasilkan VIF dibawah 10 semua, dimana hasil tersebut menandakan bahwa tidak terjadi multikolinearitas.

3. Uji Serentak (Uji F)

Untuk uji serentak terhadap penyakit non-pneumonia, diketahui nilai F_{tabel} atau $F_{0,05}$ (4;43) yaitu sebesar 2,59 yang diperoleh dari tabel $F_{0,05}$. Hasil uji serentak (uji F) dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Hasil uji serentak (uji F) terhadap penyakit non-pneumonia

Variabel	Fhitung	Nilai Signifikan
Kecepatan Angin		
K4	2,477	0,058
K6		
K7		

Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa nilai F_{hitung} yaitu 2,477 lebih kecil dari nilai F_{tabel} sebesar 2,59 dan nilai signifikan sebesar 0,058 lebih besar dari taraf signifikan sebesar 0,05 yang berarti tidak terdapat satu pun variabel yang berpengaruh terhadap penyakit non-pneumonia.

4. Uji Parsial (Uji t)

Nilai tabel (0,05/2;43) pada uji parsial terhadap penyakit non-pneumonia yang diperoleh dari tabel t yaitu 2,017. Hasil uji parsial (uji t) dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Hasil uji parsial (uji t) terhadap penyakit non-pneumonia

Variabel	t _{hitung}	Nilai Signifikan
Kecepatan Angin	-1,291	0,204
K4	-0,990	0,328
K6	1,686	0,099
K7	0,706	0,484

Berdasarkan hasil tersebut dapat diketahui bahwa nilai t_{hitung} kecepatan angin sebesar 1,291, arah angin k4 sebesar 0,990, arah angin k6 sebesar 1,686 dan arah angin k7 sebesar 0,706 lebih kecil dari t_{tabel} sebesar 2,015 dan diperkuat dengan nilai signifikan yang lebih besar dari taraf signifikan sebesar 0,05. Hasil tersebut memperkuat hasil dari uji serentak yang mana memang kecepatan angin dan arah angin tidak berpengaruh signifikan terhadap penyakit non-pneumonia.

5. Uji Glejser

Nilai t_{tabel} (0,05/2;43) pada uji Glejser yang diperoleh dari tabel t yaitu sebesar 2,017. Hasil uji Glejser dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12. Hasil uji Glejser

Variabel	t _{hitung}	Nilai Signifikan
Kecepatan Angin	-1,079	0,287
K4	-0,929	0,358
K6	-1,666	0,103
K7	-1,069	0,291

Dari hasil uji Glejser, didapatkan nilai t_{hitung} sebesar 1,079 dimana nilai tersebut lebih kecil dari t_{tabel} sebesar 2,017 dan diperkuat dengan nilai signifikan sebesar 0,287 yang lebih besar dari taraf signifikan sebesar 0,05. Hasil tersebut menyatakan bahwa residual model regresi telah memenuhi asumsi identik.

6. Uji Durbin-Watson

Untuk uji Durbin-Watson dapat diketahui dari tabel Durbin-Watson (4;48) yaitu nilai dU sebesar 1,7206. Hasil uji Durbin-Watson dapat dilihat pada Tabel 13.

Tabel 13. Hasil uji Durbin-Watson

Variabel	d	4-d
Kecepatan Angin		
K4	1,202	2,798
K6		
K7		

Berdasarkan hasil uji Durbin-Watson, didapatkan nilai d sebesar 1,202 dan dengan begitu nilai 4-d adalah 2,798 dimana nilai tersebut lebih besar dari dU sebesar 1,7206. Hasil tersebut menyatakan bahwa residual model regresi telah memenuhi asumsi independen.

7. Uji Kolmogorov-Smirnov

Nilai dari tabel Kolmogorov-Smirnov (0,05;48) yaitu sebesar 0,194 yang diperoleh dari tabel Kolmogorov-Smirnov. Hasil uji Kolmogorov-Smirnov dapat dilihat pada Tabel 14.

Tabel 14. Hasil uji Kolmogorov-Smirnov

Variabel	Test Statistic
Kecepatan Angin	
K4	0,092
K6	
K7	

Berdasarkan hasil uji Kolmogorov-Smirnov, didapatkan nilai test statistic sebesar 0,092 dimana nilai tersebut lebih kecil dari nilai tabel Kolmogorov-Smirnov sebesar 0,194. Hasil tersebut menyatakan bahwa residual model regresi telah memenuhi asumsi distribusi normal.

3.6. Analisis Hasil Uji Statistika Antara Polutan dan Faktor Meteorologi Terhadap Jumlah Kejadian Penyakit Pneumonia dan Non-pneumonia

1. Polutan NO₂

Menurut hasil uji korelasi, polutan NO₂ tidak berhubungan signifikan terhadap penyakit pneumonia dan non-pneumonia yang berarti polutan NO₂ juga tidak berpengaruh signifikan pada penelitian ini.

Polutan NO₂ tidak berpengaruh signifikan terhadap penyakit pneumonia maupun non-pneumonia karena konsentrasi tahun 2016-2019 paling tinggi dalam 1 tahun sebesar 15,88 µg/m³, dimana masih dibawah nilai ambang batas polutan NO₂ untuk dapat mengiritasi sistem pernapasan yaitu sebesar 1 ppm atau 1.877,55 µg/m³ (Dewi, 2018).

2. Polutan O₃

Menurut hasil uji korelasi, polutan O₃ berhubungan signifikan terhadap penyakit pneumonia, tetapi tidak berhubungan signifikan terhadap penyakit non-pneumonia. Sedangkan menurut hasil analisis regresi linear berganda, polutan O₃ tidak berpengaruh signifikan terhadap penyakit pneumonia. Dengan begitu polutan O₃ tidak berpengaruh signifikan terhadap penyakit pneumonia maupun non-pneumonia.

Polutan O₃ tidak berpengaruh signifikan terhadap penyakit pneumonia maupun non-pneumonia karena konsentrasi tahun 2016-2019 tertinggi dalam 1 tahun sebesar 85,20 µg/m³, dimana masih dibawah nilai ambang batas polutan O₃ dapat mengiritasi sistem pernapasan yaitu 0,3 ppm atau 587,75 µg/m³ (Departemen Kesehatan Republik Indonesia, 2002).

3. Polutan PM₁₀

Menurut hasil uji korelasi, polutan PM₁₀ berhubungan signifikan terhadap penyakit pneumonia, tetapi tidak berhubungan signifikan terhadap penyakit non-pneumonia. Sedangkan menurut hasil analisis regresi linear berganda, polutan O₃ tidak berpengaruh signifikan terhadap penyakit pneumonia. Dengan begitu polutan O₃ tidak berpengaruh signifikan terhadap penyakit pneumonia maupun non-pneumonia.

Polutan PM₁₀ tidak berpengaruh signifikan terhadap penyakit pneumonia maupun non-pneumonia karena curah hujan tahun 2016-2019 menurut data dari BPS Kota Surabaya cenderung tinggi. Dimana curah hujan yang

tinggi akan menyebabkan polutan PM₁₀ mengendap sehingga konsentrasi PM₁₀ turun (Munir et al., 2018). Dengan turunnya konsentrasi PM₁₀ akan menurunkan kejadian pneumonia dan non-pneumonia pula. Tidak berpengaruh juga bisa terjadi karena efek yang terjadi tergantung pada lamanya paparan yang diterima oleh seseorang (Slamet, 2000).

4. Arah Angin

Menurut hasil uji korelasi, arah angin tidak berhubungan signifikan terhadap penyakit pneumonia, tetapi berhubungan signifikan terhadap penyakit non-pneumonia. Sedangkan menurut hasil analisis regresi linear berganda, arah angin tidak berpengaruh signifikan terhadap penyakit non-pneumonia. Dengan begitu arah angin tidak berpengaruh signifikan terhadap penyakit pneumonia maupun non-pneumonia.

Arah angin tidak berpengaruh terhadap penyakit pneumonia dan non-pneumonia karena angin tahun 2016-2019 lebih sering berhembus dari arah Selatan menuju arah Utara. Dimana jika polutan bersumber dari kendaraan di Jalan MERR, arah angin tidak searah dengan pemukiman penduduk sekitar puskesmas dengan kejadian pneumonia maupun non-pneumonia terbanyak tahun 2016-2019.

5. Kecepatan Angin

Menurut hasil uji korelasi, kecepatan angin tidak berhubungan signifikan terhadap penyakit pneumonia, tetapi berhubungan signifikan terhadap penyakit non-pneumonia. Sedangkan menurut hasil analisis regresi linear berganda, arah angin tidak berpengaruh signifikan terhadap penyakit non-pneumonia. Dengan begitu arah angin tidak berpengaruh signifikan terhadap penyakit pneumonia maupun non-pneumonia.

Kecepatan angin tidak berpengaruh terhadap penyakit pneumonia dan non-pneumonia karena kecepatan angin tertinggi tahun 2016-2019 sebesar 1,5 m/s, dimana masih tergolong pelan. Ketika kecepatan angin rendah, polutan akan menumpuk dan dapat mencemari udara sekitar sumber emisinya (Arifin & Fahrudin, 2023).

6. Suhu

Menurut hasil uji korelasi, suhu tidak berhubungan signifikan terhadap penyakit pneumonia dan non-pneumonia yang berarti suhu juga tidak berpengaruh signifikan pada penelitian ini.

Suhu tidak berpengaruh signifikan terhadap penyakit pneumonia maupun non-pneumonia karena suhu tumbuh optimal bakteri penyebab pneumonia adalah 31°C-37°C (Liu et al., 2016). Sedangkan suhu tahun 2016-2019 memiliki rentang 25°C-30,42°C, dimana tidak mencapai suhu tumbuh optimal bakteri penyebab pneumonia. Serta kejadian pneumonia dan non-pneumonia tidak hanya disebabkan oleh suhu udara di luar rumah saja, namun juga dapat disebabkan oleh suhu udara di dalam rumah (Peraturan Menteri Kesehatan Indonesia No 1077, 2011).

7. Kelembaban

Menurut hasil uji korelasi dan analisis regresi linear berganda, kelembaban berhubungan signifikan dan berpengaruh signifikan terhadap penyakit pneumonia, tetapi tidak berhubungan signifikan dan berpengaruh signifikan terhadap penyakit non-pneumonia.

Kelembaban berpengaruh signifikan terhadap penyakit pneumonia karena kelembaban optimum bakteri penyebab pneumonia untuk tumbuh adalah <25% dan >80% (Onozuka et al., 2009). Dimana kelembaban tahun 2016-2019 lebih banyak terjadi pada <25% dan >63%, dengan begitu bakteri penyebab pneumonia tumbuh optimum dan mengakibatkan terjadinya penyakit pneumonia. Sedangkan kelembaban tidak berpengaruh terhadap penyakit non-pneumonia karena kelembaban tahun 2016-2017 dibawah 25%, dimana kelembaban yang rendah tersebut tidak memungkinkan bakteri penyebab penyakit non-pneumonia untuk hidup dan berkembang biak (Lasari et al., 2020).

Karena tidak bisa mengatur kelembaban alam, maka kita dapat meminimalisir terjadinya penyakit ISPA akibat kelembaban yaitu dengan cara menjaga kelembaban rumah antara 40-60%. Jika kelembaban kurang dari 40% dapat ditingkatkan dengan cara membuka jendela rumah, menambah jumlah dan luas

jendela. Sedangkan kelembaban diatas 60% dapat diturunkan dengan cara memasang genteng kaca (Lasari et al., 2020).

8. Radiasi Matahari

Menurut hasil uji korelasi, radiasi matahari tidak berhubungan signifikan terhadap penyakit pneumonia dan non-pneumonia yang berarti suhu juga tidak berpengaruh signifikan pada penelitian ini.

Radiasi matahari tidak berpengaruh signifikan terhadap penyakit pneumonia maupun non-pneumonia karena radiasi matahari lebih berpengaruh terhadap kenaikan maupun penurunan polutan seperti NO₂ dan O₃ (Constantya, 2017).

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil uji korelasi dapat diketahui bahwa O₃ berhubungan signifikan negatif ($p = 0,029$: $r = -0,316$), PM₁₀ berhubungan signifikan negatif ($p = 0,004$: $r = -0,409$) dan kelembaban berhubungan signifikan positif ($p = 0,000$: $r = 0,532$) terhadap penyakit ISPA pneumonia. Sedangkan arah angin berhubungan signifikan positif ($p = 0,009$: $r = 0,374$) dan kecepatan angin berhubungan signifikan negatif ($p = 0,039$: $r = -0,299$) dengan kejadian penyakit ISPA non-pneumonia.

Berdasarkan variabel yang memiliki hubungan signifikan tersebut, dilakukan analisis regresi linear berganda. Setelah itu didapatkan hasil untuk penyakit ISPA pneumonia, hanya kelembaban yang berpengaruh secara signifikan. Kelembaban berpengaruh signifikan karena kelembaban pada tahun 2016-2019 lebih banyak terjadi pada <25% dan >63%, dimana bakteri penyebab pneumonia tumbuh optimum pada kelembaban tersebut. Sedangkan polutan O₃ dan PM₁₀ tidak berpengaruh signifikan karena konsentrasi tahun 2016-2019 masih dibawah nilai ambang batas polutan O₃ dan PM₁₀ untuk mulai terjadi iritasi pada sistem pernapasan. Untuk penyakit ISPA non-pneumonia, arah angin dan kecepatan angin tidak berpengaruh signifikan. Arah angin tidak berpengaruh signifikan karena arah angin tahun 2016-2019 lebih banyak berhembus dari arah Selatan ke arah Utara, dimana jika polutan banyak bersumber dari kendaraan di Jalan MERR, arah angin ini tidak searah dengan

pemukiman penduduk sekitar puskesmas dengan kejadian penyakit non-pneumonia terbanyak tahun 2016-2019. Sedangkan kecepatan angin tidak berpengaruh signifikan karena kecepatan angin tahun 2016-2019 masih tergolong pelan dengan kecepatan angin paling tinggi 1,5 m/s, dimana saat kecepatan rendah mikroorganisme dan polutan cenderung menetap pada lokasi tertentu. Polutan NO₂, suhu dan radiasi matahari tidak berhubungan signifikan dan berpengaruh signifikan terhadap penyakit pneumonia maupun non-pneumonia.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Arie Dipareza Syafei selaku dosen pembimbing, Bapak Joni Hermana, Bapak Abdu Fadli Assomadi, dan Bapak Ali Masduqi selaku dosen penguji, serta seluruh pihak yang telah membantu dalam penyelesaian penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Aisyah, M.HRP. 2018. "Hubungan Antara Kualitas Udara Ambien (O₃, SO₂, NO₂ dan PM₁₀) dengan Kejadian ISPA (Infeksi Saluran Pernapasan Akut) di Kota Pekanbaru Tahun 2014-2017". Skripsi: Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Alfiah, T., dan Yulawati, E. 2018. "Analisis Resiko Kesehatan Lingkungan Udara Ambien Terhadap Pengguna Jalan dan Masyarakat Sekitar Pada Ruas Jalan Ir. Sukarno Surabaya". *Infomatek* 20(1): 27-34.
- Aulele, N.S., Wattimena, A.Z., dan Tahya, C. 2017. "Analisis Regresi Multivariat Berdasarkan Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Derajat Kesehatan di Provinsi Maluku". *Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan* 11(1): 39-48.
- Constantya, Q. 2017. "Studi Pola Konsentrasi Kualitas Udara Ambien Kota Surabaya (Parameter : NO, NO₂, O₃)". Skripsi : Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Departemen Kesehatan Republik Indonesia. 2002. "Pedoman Pemberantasan Penyakit Infeksi Saluran Pernapasan Akut Untuk Penanggulangan Pneumonia Pada Balita". Jakarta: Ditjen PP dan PL.
- Dewi, B.N. 2018. "Paparasi Gas Nitrogen Dioksida (NO₂) dan Karbon Monoksida (CO) di Trotoar Beberapa Jalan Kota Surabaya". Skripsi: Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Kementerian Kesehatan RI. 2010. "Pneumonia Balita". *Buletin Jendela Epidemiologi* 3.
- Khairiyati, L., Fakhriadi, R., Fadillah, N.A., dan Hadrianti, H.D.L. 2020. "Hubungan Suhu, Curah Hujan, Kelembaban Udara, dan Kecepatan Angin dengan Kejadian ISPA di Kota Banjarmasin Selama 2012–2016". *Journal of Health Epidemiology and Communicable Diseases* 6(1): 1-6.
- Liu, Y., Liu, J., Chen, F., Shamsi, B.H., Wang, Q., Jiao, F., Qiao, Y., and Shi, Y. 2016. "Impact of Meteorological Factors on Lower Respiratory Tract Infections in Children". *Journal of International Medical Research* 1(44): 30-41.
- Mendenhall, W., and Sinich, T. 2012. "A Second Course in Statistics Regression Analysis. 7th ED". *Florida*.
- Munir, M., Akbar, A.R.M., Badaruddin, dan Wahdah, R. 2018. "Hubungan Cuaca dan Konsentrasi PM₁₀ (Studi Kasus di Kota Banjarbaru)". *EnviroScienteeae* 14(1): 46-61.
- Onozuka, D., Hashizume, M., and Hagihara, A. 2009. "Impact of Weather Factors on Mycoplasma Pneumoniae Pneumonia". *Thorax* 64:507-511.
- Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1077/MENKES/PER/V/2011 tentang "Pedoman Penyehatan Udara Dalam Ruang Rumah".
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang "Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup".
- Purnomo, A.R. 2016. "Analisis Statistik Ekonomi dan Bisnis dengan SPSS". *Wade Group*. Ponorogo: Ponorogo Press.
- Ramayana, K., Istirokhatun, T., dan Sudarno. 2013. "Pengaruh Jumlah Kendaraan dan Faktor Meteorologis (Suhu, Kelembaban,

Kecepatan Angin) Terhadap Peningkatan Konsentrasi Gas Pencemar CO (Karbon Monoksida) Pada Persimpangan Jalan Kota Semarang (Studi Kasus Jalan Karangrejo Raya, Sukun Raya, dan Ngesrep Timur V)". Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.

Rasmaliah. 2004. "Infeksi Saluran Pernafasan Akut (ISPA) dan Penanggulangannya". Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Sumatera Utara.

Safitri, L., Maruddani, D.A.I.M., Santoso, R. 2017. "Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Dividend Payout Ratio (DPR) Menggunakan Analisis Regresi Linier dengan Bootstrap". *Jurnal Gaussian* 6(3): 385-395.

Santoso, L.V. 2018. "Analisis Pengaruh Price, Overall Satisfaction, dan Trust Terhadap Intention to Return Pada Online Store Lazada". *Agora* 6(1).

Slamet, J.S. 2000. "Kesehatan Lingkungan". Yogyakarta: Gajahmada University Press.

Supriyadi, E., Mariani, S., dan Sugiman. 2017. "Perbandingan Metode Partial Least Square (PLS) dan Principal Component Regression (PCR) Untuk Mengatasi Multikolinearitas Pada Model Regresi Linear Berganda". *UNNES Journal of Mathematics* 6(2): 117-128.

World Health Organization. 2006. "Infection Prevention and Control of Epidemic and Pandemic Prone Acute Respiratory Diseases in Health Care".