

Aplikasi Distribusi Statistik Dalam Memonitor Kualitas Udara Di Bukit Kototabang

Raeni Chindi Defi Ocvilia¹, Achmad Rafli Pahlevi², Mareta Asnia³

¹Stasiun Klimatologi Pesawaran Lampung

²Stasiun Meteorologi Maritim Lampung

³Pemantau Atmosfer Global (GAW) Bukit Kototabang

Abstrak. *Global Atmospheric Watch (GAW) Kototabang merupakan stasiun pemantau kualitas udara yang berada di wilayah equator. Pada beberapa waktu terakhir, adanya peningkatan konsentrasi dari PM₁₀, SO₂, dan NO₂ pada bulan-bulan tertentu yang dapat mencapai nilai ekstrim atau udara tidak sehat disebabkan oleh kebakaran hutan dan lahan yang sering terjadi di wilayah Pulau Sumatera. Pada penilitan ini distribusi yang digunakan adalah distribusi *generalized extreme value (GEV)*, lognormal, perason V, dan gamma. Pemilihan distribusi ini akan dijelaskan di subbab metode. Distribusi tersebut akan dilakukan pengujian *goodness of fit* untuk mendapatkan distribusi terbaik yang menggambarkan data polutan di Sumatera Barat. Distribusi terbaik akan digunakan untuk mendapatkan probabilitas terjadinya kualitas udara yang melewati nilai baku mutunya. Distribusi *Generalized Extreme Value (GEV)* yang telah diuji menggunakan KS dan AD merupakan distribusi terbaik dalam menggambarkan konsentrasi PM₁₀, SO₂, dan NO₂. Berdasarkan data rata-rata harian konsentrasi PM₁₀, SO₂, dan NO₂ di Stasiun Pemantau Atmosfer Global (GAW) Bukit Kototabang, dilihat dari sebaran scatter plot dan hasil probabilitas menunjukkan bahwa kondisi partikel udara pada wilayah ini berada dalam kategori yang cukup baik. Hal ini dibuktikan dengan hasil probabilitas untuk PM₁₀ hanya 1% peluang kejadian polusi udara dengan kategori tidak sehat akan terjadi. Probabilitas SO₂ yang lebih dari 0.05 ppm hanya 0.1% peluang polusi udara yang akan melebihi nilai baku mutu, dan probabilitas NO₂ yang lebih dari 0.005 ppm hanya 1%.*

Kata Kunci: Nilai Baku Mutu, Distribusi Probabilitas, Generalized Extreme Value (GEV), Lognormal, Gamma, Pearson 5.

Abstract. *Global Atmospheric Watch (GAW) Station of Bukit Kototabang is an air quality monitoring station at the equator. In recent times, there has been an increase in concentrations of*

PM₁₀, SO₂, and NO₂ in certain months that can reach extreme values or unhealthy air. In this research, the distribution used is the generalized extreme value (GEV), lognormal, perason V, and gamma distribution. The selection of this distribution will be explained in the method section. The distribution will be tested for goodness of fit to get the best distribution that describes pollutant data in West Sumatra. The best-fit distribution will be used to obtain the probability of the occurrence of air quality that exceeds the ambient air quality standard. Generalized Extreme Value (GEV) distribution which has been tested using KS and AD is the best-fit distribution in describing the concentration of PM₁₀, SO₂, and NO₂. Based on average daily concentrations of PM₁₀, SO₂, and NO₂ on the Global Atmospheric Watch (GAW) Station of Bukit Kototabang, seen from the scatter plot distribution and probability results, it shows that the air particle conditions in this region are in a good category. This is proved by the probability results for PM₁₀, only 1% chance of air pollution events with an unhealthy category will occur. The probability of SO₂ that is more than 0.05 ppm is only 0.1% the chance of air pollution will exceeds the air quality standard, and the probability of NO₂ which is more than 0.005 ppm is only 1%.

Keywords: Air Quality Standard, Probability Distribution, Generalized Extreme Value (GEV), Lognormal, Gamma, and Pearson V.

Pendahuluan

Stasiun *Global Atmospheric Watch (GAW) Kototabang* merupakan stasiun pemantau kualitas udara di equator. Stasiun GAW Kototabang melakukan pengamatan terhadap *particulate matter (PM₁₀)*, Sulfur Dioksida (SO₂), dan Nitrogen Dioksida (NO₂), sebagai polutan udara utama yang secara rutin diamati. Pada beberapa waktu terakhir, adanya peningkatan

konsentrasi dari PM_{10} , SO_2 , dan NO_2 pada bulan-bulan tertentu yang dapat mencapai nilai ekstrim atau udara tidak sehat. Peningkatan ini disebabkan oleh kebakaran hutan dan lahan yang sering terjadi di wilayah Pulau Sumatera. Distribusi probabilitas telah banyak digunakan dalam analisis data polusi udara (Larsen, 1973)(Morel dkk, 1999)(Kao dan Friedlander, 1995)(Lu, 2002). Kontenstrasi polusi udara merupakan variabel acak, yang disebabkan oleh tingkat emisi, kondisi meteorologis, dan geografis (Kan dan Chen, 2004). Distribusi probabilitas dapat digunakan untuk memprediksi frekuensi polutan yang melewati batas *air quality standard* (AQS), dan pengurangan sumber emisi untuk menjaga dalam batas nilai AQS.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah No.41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara, nilai baku mutu untuk PM_{10} adalah $150 \mu g/Nm^3$, untuk SO_2 adalah $365 \mu g/Nm^3$, dan NO_2 adalah $150 \mu g/Nm^3$ (PP No.41 Tahun 1999). Nilai baku mutu digunakan untuk memantau kualitas udara tergolong baik atau tidak. Konsentrasi polutan yang melewati nilai baku mutu akan tergolong ke dalam udara yang tidak sehat.

Pada penilitan ini distribusi yang digunakan adalah distribusi *generalized extreme value* (GEV), lognormal, perason V, dan gamma. Pemilihan distribusi ini akan dijelaskan di subbab metode. Distribusi tersebut akan dilakukan pengujian *goodness of fit* untuk mendapatkan distribusi terbaik yang menggambarkan data polutan di Sumatera Barat. Distribusi terbaik akan digunakan untuk mendapatkan probabilitas terjadinya kualitas udara yang melewati nilai baku mutunya.

Metodologi

Data

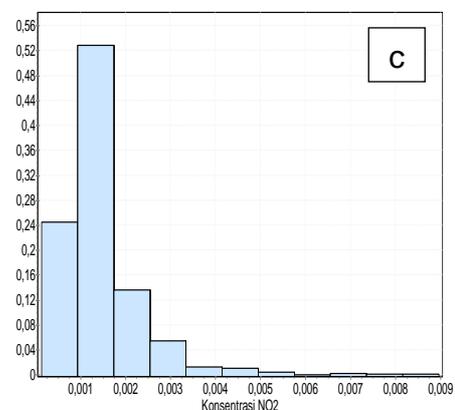
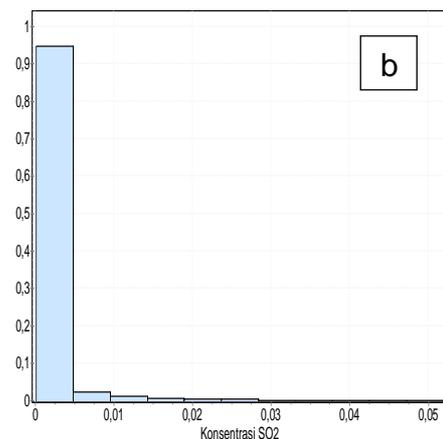
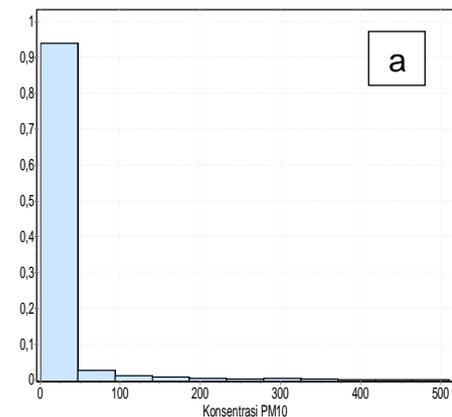
Data yang digunakan adalah data polutan berupa data *particulate matter* (PM_{10}), Sulfur Dioksida (SO_2), dan Nitrogen Dioksida (NO_2). Data merupakan data harian yang didapatkan dari Stasiun *Global Atmospheric Watch* (GAW) Kototabang dari tahun 2012 – 2016. Data PM_{10} ada 1721 data harian, data SO_2 ada 1821, dan data NO_2 ada 1189 data. Terdapatnya data yang kosong disebabkan adanya kerusakan alat pada waktu tersebut.

Metode Penelitian

Distribusi Generalized Extreme Value (GEV) pada berbagai negara di Eropa, seperti Austria, Jerman, Italy, dan Spanyol, distribusi

GEV digunakan untuk menggambarkan data banjir. Parameter mencakup bentuk (k), skala (α), dan lokasi (ξ). Pdf dari GEV dijelaskan sebagai berikut,

$$f(x) = \frac{1}{\sigma} \exp\left(-\left(1 + kz\right)^{-\frac{1}{k}}\right) \left(1 + kz\right)^{-1-\frac{1}{k}} \quad (1)$$



Gambar 1. Probability Density Function (PDF) dari polutan a) PM_{10} , b) SO_2 , dan c) NO_2 .

Distribusi Gamma

Pada random variable x , terdapat dua parameter dari fungsi kepekatan distribusi gamma yaitu α dan β dijelaskan sebagai berikut,

$$f(x) = \frac{1}{\Gamma(\alpha)\beta^\alpha} x^{\alpha-1} e^{-x/\beta}; x > 0, \alpha > 0, \beta > 0 \tag{2}$$

Distribusi Pearson

awalnya ditunjukkan sebagai model distribusi yang tidak simetris atau miring (*skewed*) baik ke arah positif dan negatif. Distribusi pearson terdiri dari dua parameter α dan β , serta fungsi gamma. Fungsi PDF dari distribusi pearson dijelaskan sebagai berikut,

$$f(x) = \frac{x^{-(\alpha+1)} \exp(-\frac{\beta}{x})}{\beta^{-\alpha}\Gamma(\alpha)} \tag{3}$$

Distribusi Lognormal

merupakan distribusi probabilitas kontinu dari variabel acak yang logaritmanya berdistribusi normal. Variabel acak yang berdistribusi lognormal hanya memiliki nilai positif. Ditribusi lognormal terdiri dari tiga parameter yaitu σ adalah parameter bentuk, θ adalah parameter lokasi, dan m adalah parameter lokasi. Fungsi PDF dari distribusi lognormal dijelaskan sebagai berikut,

$$f(x) = \frac{e^{-\left(\frac{\ln\left(\frac{x-\theta}{m}\right)^2}{2\sigma^2}\right)}}{(x-\theta)\sigma\sqrt{2\pi}} \tag{4}$$

Test of Goodness of Fit

digunakan untuk menentukan kecocokan model distribusi dengan data observasi curah

hujan, tes yang digunakan adalah Kolmogrov-Smirnov (KS) dan Anderson-Darling (AD). Nilai tes yang paling kecil menunjukkan kecocokan antara distribusi dengan data.

Tes statistic untuk KS tes adalah,

$$D \equiv \max_{1 \leq i \leq n} \left(F(X_i) - \frac{i-1}{N}, \frac{i}{N} - F(X_i) \right) \tag{5}$$

Tes statistic untuk Anderson-Darling adalah k,

$$A^2 = -N - S \tag{6}$$

dimana,

$$S = \sum_{i=1}^n \frac{(2i-1)}{N} \left[\ln F(X_i) + \ln \left(1 - F(X_{N+1-i}) \right) \right] \tag{7}$$

Hasil dan Pembahasan

Tabel 1 merangkum statistik dasar dari konsentrasi data PM₁₀, SO₂, dan NO₂ di Stasiun Pemantau Atmosfer Global (GAW) Bukit Kototabang yang menunjukkan bahwa PM₁₀, SO₂, dan NO₂ memiliki rata-rata dengan nilai 24.119 µgram/m³, 0.00156 ppm, dan 0.001434 ppm. Dengan nilai minimum untuk PM₁₀, SO₂, dan NO₂ berturut-turut yaitu 0.958 µgram/m³, 0.000145 ppm, dan 0.000137 ppm. Dan nilai maksimum untuk PM₁₀, SO₂, dan NO₂ berturut-turut yaitu 511.208 µgram/m³, 0.051921 ppm, dan 0.008961 ppm. Selain nilai maksimum dan minimum, dapat dilihat juga bahwa nilai standard deviasi yang digunakan untuk menyatakan keragaman konsentrasi polusi udara menunjukkan bahwa standard deviasi untuk PM₁₀ sebesar 39.429, SO₂ sebesar 0.003423 dan NO₂ sebesar 0.000939.

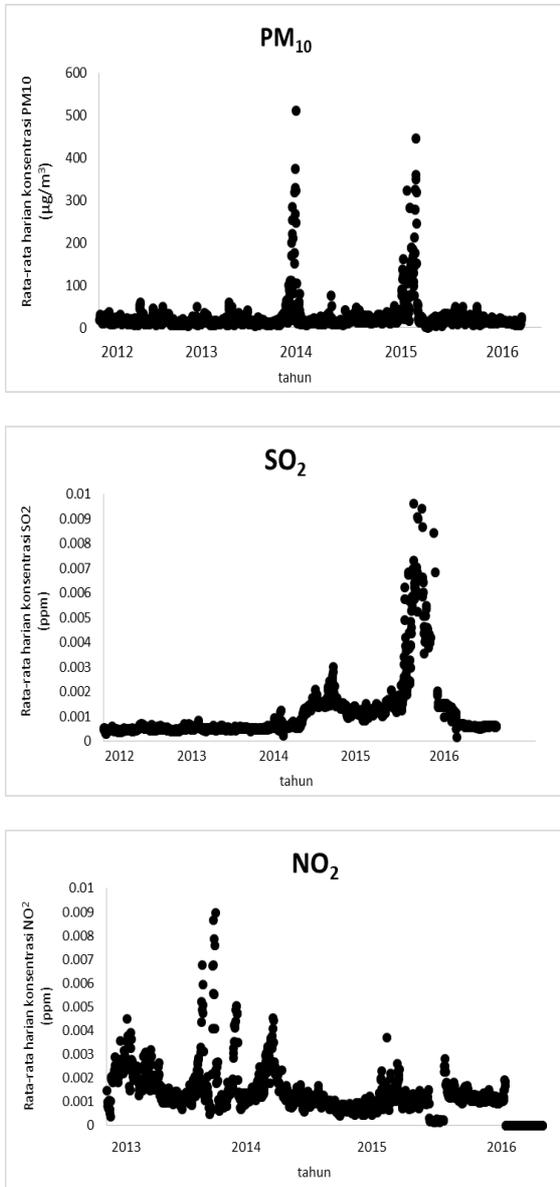
Tabel 1. Statistik Dasar dari Rata-rata Harian Konsentrasi PM₁₀, SO₂, dan NO₂ di Stasiun Pemantau Atmosfer Global (GAW) Bukit Kototabang.

	N	Mean	StDev	Min	Q1	Median	Q3	Max
PM10	1721	24.119	39.429	0.985	11.25	15	21.854	511.208
SO2	1821	0.00156	0.00342	0.00015	0.0005	0.0006	0.00138	0.05192
NO2	1189	0.00143	0.00094	0.00014	0.001	0.0012	0.00165	0.00896

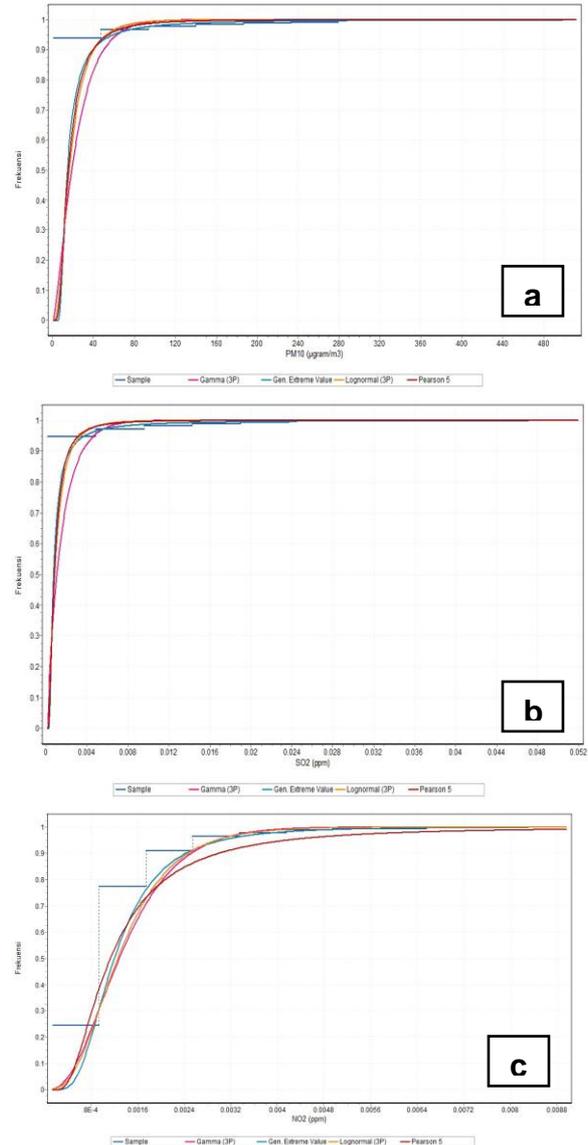
Scatter plot pada gambar 2 menunjukkan bahwa rata-rata harian konsentrasi PM₁₀ memiliki sebaran data yang berkisar pada nilai 0 – 100 µgram/m³ sedangkan untuk rata-rata harian konsentrasi SO₂ dan NO₂ berkisar diantara nilai 0

– 0,01 ppm. Sebaran data tersebut masih berada dibawah nilai ambang batas dan baku mutu udara yang berarti bahwa kondisi kualitas udara pada lokasi ini masih cukup baik. Namun pada beberapa waktu tertentu rata-rata harian konsentrasi PM₁₀ menunjukkan pelampauan yang

lebih tinggi dari nilai ambang batasnya dibandingkan dengan rata-rata harian konsentrasi SO_2 dan NO_2 , menunjukkan bahwa nantinya jika frekuensi kejadian tersebut semakin sering terjadi, partikulat polusi udara bisa menjadi masalah pada lingkungan ini.



Gambar 2. Scatter Plot Rata-rata Harian Konsentrasi PM_{10} , SO_2 , dan NO_2 di Stasiun Pemantau Atmosfer Global (GAW) Bukit Kototabang.



Gambar 3. Grafik fungsi distribusi kumulatif dari fitted distribution (a) PM_{10} , (b) SO_2 , dan (c) NO_2 di Stasiun Pemantau Atmosfer Global (GAW) Bukit Kototabang

Berdasarkan gambar 3, grafik distribusi kumulatif data PM_{10} , SO_2 , dan NO_2 dengan menggunakan distribusi Generalized Extreme Value (GEV), Pearson V, Lognormal, dan Gamma dapat diketahui distribusi mana yang paling cocok dalam menggambarkan distribusi PM_{10} , SO_2 , dan NO_2 . Pada gambar 3.a GEV dan Pearson V memiliki kecocokan yang baik dengan data PM_{10} , sedangkan Gamma memiliki tingkat kecocokan yang paling rendah. Pada gambar 3.b dan 3.c GEV memiliki kecocokan yang baik dengan data SO_2 dan NO_2 , sedangkan Gamma memiliki kecocokan yang paling rendah untuk data SO_2 dan Pearson V memiliki kecocokan yang paling rendah untuk data NO_2 pada lokasi penelitian.

Tabel 2. Tipe distribusi dan Statistik goodness of fit di Stasiun Pemantau Atmosfer Global (GAW) Bukit Kototabang .

Distribusi	PM ₁₀		SO ₂		NO ₂	
	Kolmogorov-Smirnov	Anderson-Darling	Kolmogorov-Smirnov	Anderson-Darling	Kolmogorov-Smirnov	Anderson-Darling
Gen Extreme Value	0.0467	51.629	0.15349	56.43	0.06522	11.902
Pearson V	0.06414	16.723	0.20302	89.671	0.14417	43.578
Lognormal (3P)	0.1019	40.453	0.19741	99.46	0.08438	15.072
Gamma (3P)	0.18782	126.17	0.23056	206.69	0.10249	21.781

Berdasarkan tabel 2, dapat ditunjukkan bahwa distribusi terbaik dalam menggambarkan data PM₁₀, SO₂, dan NO₂ yang diuji menggunakan kolmogorov-smirnov (KS) dan anderson-darling (AD) adalah tipe distribusi Generalized Extreme Value (GEV). Uji yang dilakukan menggunakan KS, tipe distribusi GEV memiliki nilai terendah untuk data PM₁₀ (0.0467), SO₂ (0.15349), dan NO₂ (0.06522).

Pada tes menggunakan AD, tipe distribusi GEV memiliki nilai terendah untuk data SO₂ (56.43), dan NO₂ (11.902). Sedangkan tes AD untuk data PM₁₀ distribusi Pearson V memiliki nilai terendah yaitu 16.723 dan distribusi Lognormal berada di peringkat kedua yaitu 40.453.

Tabel 3. Estimasi parameter dari model distribusi Generalized Extreme Value (GEV)

Parameter	k	σ	μ
PM ₁₀	0.61452	5.5734	12.293
SO ₂	0.7252	0.00030320	0.00060638
NO ₂	0.23259	0.00047845	0.00102

Tabel 3 menunjukkan estimasi parameter dari distribusi GEV dengan k adalah parameter bentuk kontinu, σ adalah parameter skala kontinu, μ dan adalah parameter lokasi kontinu, dengan menggunakan persamaan 1 maka didapatkan,

$$f(x) = \frac{1}{5.5734} \left(1 + 0.61452 \left(\frac{x - 12.293}{5.5743} \right) \right)^{\frac{1}{0.61452-1}} e^{-\left(1 + 0.61452 \left(\frac{x-12.293}{5.5743} \right) \right)^{\frac{1}{0.61452-1}}}$$

Untuk konsentrasi data PM₁₀

$$f(x) = \frac{1}{0.000303} \left(1 + 0.73 \left(\frac{x - 0.00060638}{0.000303} \right) \right)^{\frac{1}{0.7252-1}} e^{-\left(1 + 0.7252 \left(\frac{x-0.00060638}{0.000303} \right) \right)^{\frac{1}{0.7252-1}}}$$

Untuk konsentrasi data SO₂

$$f(x) = \frac{1}{0.00048} \left(1 + 0.23259 \left(\frac{x - 0.00102}{0.00048} \right) \right)^{\frac{1}{0.23259-1}} e^{-\left(1 + 0.23259 \left(\frac{x-0.00102}{0.00048} \right) \right)^{\frac{1}{0.23259-1}}}$$

Untuk konsentrasi data NO₂

Tabel 4. Cumulative Density Function (CDF) distribusi Generalized Extreme Value (GEV)

Parameter	P (x≤50)	P (x≥50)	P (x>100)	P (x>150)
PM₁₀	0.93306	0.06694	0.021	0.01072

Parameter	P (x≤0.05)	P (x≥0.05)
SO₂	0.99863	0.00137

Parameter	P (x≤0.005)	P (x≥0.005)
NO₂	0.98913	0.01087

Tabel 4 merupakan probabilitas PM₁₀ dengan katagori baik berkisar antara 0-50, sedang 50-150, tidak sehat 150-250, sangat tidak sehat

250-350, dan berbahaya dengan intensitas hingga melebihi 350 $\mu\text{gram}/\text{m}^3$. Sedangkan probabilitas SO_2 dengan kategori nilai baku mutu udara yaitu 0.14 ppm dan NO_2 adalah 0.08 ppm.

Probabilitas PM_{10} dengan kategori tidak sehat yaitu sebesar 1% hal ini berarti bahwa peluang kejadian polusi udara yang tidak sehat akan terjadi dengan peluang yang kecil sekali, sedangkan probabilitas PM_{10} yang kurang dari 50 $\mu\text{gram}/\text{m}^3$ yaitu sekitar 93% yang berarti bahwa partikel udara yang berukuran lebih kecil dari 10 mikron pada wilayah penelitian berada dalam kategori sehat.

Probabilitas SO_2 yang lebih dari 0.05 ppm yaitu sebesar 0.1% yang berarti bahwa hanya 0.1% peluang SO_2 akan melebihi nilai baku mutu. Sedangkan probabilitas SO_2 yang berada dibawah 0.05 ppm yaitu sekitar 99% yang berarti bahwa SO_2 pada wilayah penelitian berada dalam kadar yang sangat rendah.

Probabilitas NO_2 yang lebih dari 0.005 ppm yaitu 1% yang berarti bahwa sangat kecil sekali peluang terjadinya konsentrasi NO_2 yang akan melebihi nilai baku mutu. Sedangkan probabilitas NO_2 yang berada dibawah 0.005 ppm yaitu sekitar 99% yang berarti bahwa NO_2 pada wilayah penelitian berada dalam kadar yang sangat rendah.

Kesimpulan

Distribusi *Generalized Extreme Value* (GEV) yang telah diuji menggunakan KS dan AD merupakan distribusi terbaik dalam menggambarkan konsentrasi PM_{10} , SO_2 , dan NO_2 . Berdasarkan data rata-rata harian konsentrasi PM_{10} , SO_2 , dan NO_2 di Stasiun Pemantau Atmosfer Global (GAW) Bukit Kototabang, dilihat dari sebaran scatter plot dan hasil probabilitas menunjukkan bahwa kondisi partikel udara pada wilayah ini berada dalam kategori yang cukup baik.

Hal ini dibuktikan dengan hasil probabilitas untuk PM_{10} hanya 1% peluang kejadian polusi udara dengan kategori tidak sehat akan terjadi. Probabilitas SO_2 yang lebih dari 0.05 ppm hanya 0.1% peluang polusi udara yang akan melebihi nilai baku mutu, dan probabilitas NO_2 yang lebih dari 0.005 ppm hanya 1% sangat kecil sekali peluang terjadinya konsentrasi NO_2 yang akan melebihi nilai baku mutu. Dari hasil tersebut sangat

memungkinkan sekali bahwa inilah salah satu hal yang mendasari GAW sebagai referensi udara bersih dunia.

Daftar Pustaka

- Georgopoulos, P.G., dan Seinfeld, J.H. 1982. *Statistical Distribution of Air Pollutant Concentration*. Environmental Science and Technology 16, 401A-416A.
- Kan, H.D., dan Chen, B.H. 2004. *Statistical Distribution of Ambient Air Pollutants in Shanghai, China*. Biomedical and Environmental Sciences 17, 366-372.
- Kao, A.S., dan Friedlander, S.K. 1995. *Frequency Distribution of PM_{10} Chemical Components and Their Source*. Environment Sciences and Technology 29, 19-28.
- Larsen, R.I. 1973. *An Air Quality Data Analysis System for Interrelating Effects, Standards, and Need Source Reductions*. Journal of Air Pollutants and Control Assessment 23, 933-940.
- Lu, H. 2002 *The Statistical Character of PM_{10} Concentration in Taiwan Area*. Atmospheric Environment 36, 491-502
- Morel, B., Yeh, S., dan Cifuentes, L. 1999. *Statistical Distributions for Air Pollution Applied to The Study of The Particulate Problem in Santiago*. Atmospheric Environment 33, 2575-2585
- Mudelsee, M. 2014. *Climate Time Series Analysis*. Springer International Publishing Switzerland
- Peraturan Pemerintah No.41 Tahun 1999 Tentang Pengendalian Pencemaran Udara.