

Pengaruh Faktor Meteorologi Terhadap Konsentrasi NO₂ di Udara Ambien (Studi Kasus Bundaran Hotel Indonesia DKI Jakarta)

Yega Serlina

Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Universal
Kompleks Maha Vihara Duta Maitreya, Bukit Beruntung, Sungai Panas, Batam 29433
*Koresponden email: yegaserlina@uvers.ac.id

Diterima: 21 Juli 2020

Disetujui: 27 Juli 2020

Abstract

A combustion process in power plants, industry and transportation can cause air pollution problems, one of which is the pollutant of Nitrogen Dioxide (NO₂) gas. One of the stages of air quality management is monitoring. In monitoring air quality, there are several factors that need to be considered because they can affect the measurement, there are meteorological factors. This study analyzes how temperature, humidity, rainfall and wind speed affect the measured NO₂ concentration. NO₂ and meteorological concentration data were taken at the same time at the location of the DKI-1 air quality monitoring station (Bundaran Hotel Indonesia, DKI Jakarta). Analysis of the relationship between measured NO₂ concentrations with temperature, humidity, rainfall and wind speed was performed using multiple linear regression analysis. The analysis showed that there was a strong relationship between NO₂ concentration and four meteorological factors. The R² value indicates the effect of the four meteorological factors on NO₂ concentrations is 38.3% and the remaining 61.7% is influenced by other factors not included in the measurements in this study.

Keywords: *air pollution, nitrogen dioxide, ambient air, meteorology, multiple linear regression*

Abstrak

Proses pembakaran pada pembangkit listrik, industri dan transportasi dapat menimbulkan pencemaran udara, salah satunya menimbulkan polutan gas Nitrogen Dioksida (NO₂). Salah satu tahapan pengelolaan kualitas udara adalah dengan pemantauan. Pemantauan kualitas udara memiliki beberapa faktor yang perlu dipertimbangkan karena dapat mempengaruhi pengukuran, salah satunya adalah faktor meteorologi. Penelitian ini menganalisis bagaimana pengaruh suhu udara, kelembaban udara, curah hujan, dan kecepatan angin terhadap konsentrasi NO₂ yang terukur. Data konsentrasi NO₂ dan meteorologi diambil pada saat bersamaan di lokasi stasiun pemantauan kualitas udara DKI-1 (Kawasan Bundaran Hotel Indonesia DKI Jakarta). Analisis hubungan antara konsentrasi NO₂ yang terukur dengan suhu udara, kelembaban udara, curah hujan, dan kecepatan angin dilakukan menggunakan analisis regresi linear berganda. Hasil analisis menunjukkan terdapat hubungan yang kuat antara konsentrasi NO₂ dan keempat faktor meteorologi. Nilai R² menunjukkan pengaruh keempat faktor meteorologi terhadap konsentrasi NO₂ adalah sebesar 38,3% dan sisanya yaitu 61,7% dipengaruhi oleh faktor lain yang tidak dimasukkan dalam pengukuran pada penelitian ini.

Kata Kunci: *pencemaran udara, nitrogen dioksida, udara ambien, meteorologi, regresi linear berganda*

1. Pendahuluan

Globalisasi mendorong peningkatan pada aktivitas ekonomi di setiap negara [1] yang dipelopori oleh berbagai perusahaan multinasional yang hadir dan berkembang dengan dibantu oleh perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Aktivitas ekonomi menjadi semakin melaju dengan digunakannya tenaga kerja mesin [2]. Kemajuan dalam aktivitas ekonomi menyebabkan peningkatan dalam penggunaan energi seperti penggunaan bahan bakar dalam pembangkit listrik, industri, dan transportasi. Penggunaan bahan bakar ini dapat menimbulkan permasalahan bagi lingkungan yaitu pencemaran udara [3].

Pencemaran udara menjadi permasalahan yang penting karena memiliki dampak buruk terhadap biosfer dan lingkungan. Tingkat polusi udara yang tinggi dapat menyebabkan masalah kesehatan akut [4]. Pada Tahun 2015, *World Health Assembly* mengidentifikasi 40 jenis pencemar udara dan disebut sebagai “*world’s largest single environmental health risk*” dan menyerukan agar dilakukan upaya pemantauan dan evaluasi dampak polusi udara terhadap kesehatan [5]. *United State Environmental Protection Agency* memperkenalkan *Air Quality Index* (AQI) untuk mengkategorikan polusi udara yang didasarkan pada

lima polutan udara utama, yaitu *groundlevel ozone*, *particulate matter*, *carbon monoxide* (CO), *sulfur dioxide* (SO₂), dan *nitrogen dioxide* (NO₂) [6].

NO₂ merupakan salah satu jenis polutan yang dapat menurunkan kualitas udara dan berdampak pada kesehatan manusia dan lingkungan. Gas NO₂ termasuk prekursor utama dalam pembentukan Ozon (O₃) di atmosfer [7]. NO₂ merupakan salah satu dari kelompok gas yang sangat reaktif yang dikenal sebagai Oksida Nitrogen atau Nitrogen Oksida (NO_x). Sumber NO₂ di udara ambien dapat berupa proses alami di atmosfer dan permukaan bumi seperti produksi oleh tanaman, tanah, dan air [8]. Selain itu NO₂ juga dapat berasal dari aktivitas manusia, seperti pembakaran bahan bakar fosil, lalu lintas atau knalpot kendaraan bermotor [9], penyulingan bensin dan logam, pembangkit listrik tenaga batu bara [10], industri manufaktur, dan penggunaan perumahan [8]. NO₂ berkontribusi dalam pembentukan kabut fotokimia yang memberikan dampak terhadap kesehatan manusia dan lingkungan [7]. Paparan NO₂ dapat meningkatkan risiko infeksi pernapasan [11]. Penelitian yang dilakukan oleh Ref. [12] dan Ref. [13] menunjukkan bahwa paparan NO₂ pada ibu hamil dapat meningkatkan risiko gangguan spektrum autisme (*Autism Spectrum Disorder/ASD*) dan risiko kelahiran prematur, terutama pada paparan selama trimester ketiga sebelum persalinan. Selain itu, berdasarkan penelitian [14] terdapat hubungan antara paparan NO₂ dan kanker payudara. NO₂ dan NO_x lainnya dapat berinteraksi dengan air, oksigen, dan bahan kimia lain di atmosfer untuk membentuk hujan asam yang dapat merusak ekosistem seperti danau dan hutan [15].

Keberadaan polutan udara di lingkungan dapat dipengaruhi oleh kondisi meteorologis [16], baik berperan sebagai penghambat atau pemicu pembentukan polutan [7]. Faktor meteorologi yang dapat mempengaruhi pencemaran udara diantaranya yaitu temperatur [17]. Suhu udara dapat mempengaruhi turbulensi atmosfer dan terjadinya reaksi kimia. Penelitian yang dilakukan oleh Ref. [17] menunjukkan bahwa di sebagian besar kota di Tiongkok ditemukan korelasi positif antara temperatur dengan konsentrasi polutan di udara. Suhu udara dan keberadaan NO₂ di udara secara bersamaan juga mempengaruhi kesehatan [18]. Hal tersebut menunjukkan bahwa diperlukan studi terkait faktor meteorologi dalam pencemaran udara guna mencegah dampak buruknya terhadap kesehatan. Korelasi yang signifikan juga ditemukan antara konsentrasi NO₂ dengan kelembaban udara [19]. Kelembaban udara relatif memiliki korelasi positif dengan konsentrasi polutan primer. Secara keseluruhan penelitian Ref. [17] menunjukkan bahwa kondisi meteorologi menjelaskan lebih dari 70% variasi konsentrasi polutan di Tiongkok.

Curah hujan juga mempengaruhi konsentrasi NO₂ yang terukur di Seoul. Curah hujan memiliki korelasi negatif terhadap konsentrasi NO₂. Hal ini disebabkan karena hujan memberikan efek "*washing*" terhadap polutan NO₂ di udara [20]. Faktor meteorologi lain yang berpotensi mempengaruhi pencemaran udara oleh NO₂ adalah angin. Pergerakan udara atau angin dapat mempengaruhi penyebaran dan pengangkutan polutan di atmosfer, baik skala lokal maupun regional. Polutan yang berasal dari sumber dapat terlarut di atmosfer dan berpindah akibat angin. Pemantauan di beberapa kota besar di Tiongkok menunjukkan bahwa konsentrasi NO₂ berkurang seiring dengan naiknya kecepatan angin. Penelitian tersebut menunjukkan koefisien korelasi antara kecepatan angin dan polutan NO₂ sangat tinggi dibandingkan dengan polutan kriteria lainnya [17].

Untuk mengetahui bagaimana pengaruh suhu, kelembaban udara, curah hujan, dan kecepatan angin terhadap konsentrasi NO₂ yang terukur akan dilakukan analisis menggunakan metode regresi linear berganda. Regresi linear menggambarkan variabel prediktor sebagai fungsi linear dari variabel respon [21]. Data konsentrasi NO₂ yang terukur merupakan variabel respon atau dependen sedangkan data meteorologi merupakan variabel prediktor atau independen. Regresi linear berganda digunakan karena terdapat lebih dari dua variabel prediktor.

2. Data dan Metode

Wilayah Studi

Pemantauan kualitas udara (konsentrasi polutan NO₂) dan kondisi meteorologi dilakukan di kawasan Bundaran Hotel Indonesia DKI Jakarta yang merupakan lokasi peletakan stasiun pemantauan kualitas udara DKI-1 yang dikelola oleh Dinas Lingkungan Hidup Provinsi DKI Jakarta. Lokasi pemantauan dapat dilihat pada **Gambar 1** dan **Gambar 2**.



Gambar 1. Satellite Map View Bundaran Hotel Indonesia
Sumber: [22]



Gambar 2. Stasiun Pemantauan DKI-1
Sumber: [22]

Data Konsentrasi NO_2 di Udara Ambien

Data konsentrasi NO_2 dan kondisi meteorologi diperoleh dari stasiun pemantauan yang terukur setiap 30 menit selama 24 jam setiap harinya. Konsentrasi NO_2 terukur dalam satuan $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Data meteorologi yang dipantau antara lain, yaitu suhu, T ($^{\circ}\text{C}$); kelembaban relatif, RH (%), curah hujan, *rainfall* (mm) dan kecepatan angin, *wind speed* (m/s). Pemantauan dilakukan selama 7 hari mulai dari tanggal 1 April hingga 7 April 2018.

Metode Analisis

Analisis pengaruh faktor meteorologi terhadap konsentrasi NO_2 yang terukur akan dikaji menggunakan metode analisis regresi linear berganda. Analisis regresi linear berganda merupakan model regresi linear dengan satu variabel terikat atau dependen dan dua atau lebih variabel bebas atau independen [23]. Variabel dependen atau Y pada penelitian ini adalah Konsentrasi NO_2 dan variabel independen terdiri dari suhu (X_1), kelembaban relatif (X_2), curah hujan (X_3), dan kecepatan angin (X_4).

Model untuk regresi linear ganda yaitu [23]:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \dots + \beta_k X_{ki} + \varepsilon_i$$

dengan $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$ adalah nilai-nilai parameter yang akan diestimasi. Keluaran dari persamaan garis regresi linear ganda:

$$\hat{Y}_i = b_0 + b_1 X_{1i} + b_2 X_{2i} + \dots + b_k X_{ki}; i = 1, 2, \dots, n$$

Bentuk dan besaran peran faktor meteorologi dalam pengukuran konsentrasi NO_2 akan dilihat dari nilai koefisien korelasi. Koefisien korelasi atau r , dapat dinyatakan sebagai berikut [24]:

- Jika nilai R mendekati +1, berarti hubungan antara konsentrasi NO_2 dengan kondisi meteorologi sangat kuat dan positif.
- Jika harga R mendekati -1, berarti hubungan antara konsentrasi NO_2 dengan kondisi meteorologi sangat kuat dan negatif.
- Jika harga R mendekati +0.5 atau -0.5, berarti hubungan antara konsentrasi NO_2 dengan kondisi meteorologi dianggap cukup kuat.
- Jika harga R lebih kecil dari +0.5 atau lebih besar dari -0.5, berarti hubungan antara konsentrasi NO_2 dengan kondisi meteorologi dianggap lemah.

Analisis data dilakukan menggunakan fitur Data Analysis pada Microsoft Excel. Keluaran dari analisis data ini adalah tabel *Summary Output*, *ANOVA*, *Residual Output*, dan *Probability Output*. Tabel *Summary Output* berisi nilai multiple R , R Square, Adjusted R Square, Standard Error dan Observations (jumlah observasi). Tabel *ANOVA* berisi hasil analisis *variance* dan uji F . Kemudian pada tabel

Coefficient Beta terdapat perhitungan regresi yang terdiri dari intercept dan koefisien regresi untuk masing-masing variabel.

Pembahasan hasil regresi dimulai dari uji F untuk mengetahui apakah variabel independen secara bersamaan memberikan pengaruh secara signifikan terhadap variabel dependen. Pengaruh yang signifikan artinya adalah hubungan yang dijelaskan pada hasil analisis data dapat berlaku untuk populasi. Tahap-tahap pada uji F antara lain:

1. Perumusan hipotesis, yang terdiri dari H_0 dan H_a . Pada penelitian ini, hipotesis yang dirumuskan adalah:
 H_0 : tidak ada pengaruh signifikan antara T, RH, *rainfall* dan *wind speed* terhadap konsentrasi NO_2 ;
 H_a : ada pengaruh signifikan antara T, RH, *rainfall* dan *wind speed* terhadap Konsentrasi NO_2 .
2. Penentuan tingkat signifikansi, yaitu $\alpha = 5\%$.
3. Penentuan nilai F hitung dan F tabel. Nilai F hitung diperoleh dari hasil analisis data dan nilai F tabel dari tabel distribusi F dengan terlebih dahulu menentukan tingkat keyakinan dan derajat kebebasan atau *degree of freedom*, df_1 dan df_2 . Tingkat keyakinan dipilih 95% sehingga $\alpha = 5\%$ atau 0,05. df_1 diperoleh dari jumlah variabel independen dikurangi 1 dan df_2 diperoleh dari jumlah observasi dikurang dengan jumlah variabel independen dan dikurang 1. F tabel juga dapat ditemukan pada Ms. Excel dengan formula =*finv*(α ; df_1 ; df_2).
4. Membandingkan nilai F hitung dan F tabel, dengan kriteria pengujian sebagai berikut:
 - a. H_0 diterima jika F hitung < F tabel;
 - b. H_0 ditolak jika F hitung > F tabel.
5. Penarikan kesimpulan Uji F.

Setelah mengetahui bagaimana pengaruh variabel independen secara bersamaan terhadap variabel dependen, dilakukan Uji t untuk melihat pengaruh variabel independen secara parsial terhadap variabel dependen. Langkah-langkah pada Uji t yaitu:

1. Penentuan hipotesis, yaitu:
 H_0 : secara parsial tidak ada pengaruh signifikan antara T, RH, *rainfall* dan *wind speed* terhadap konsentrasi NO_2 ; dan
 H_a : secara parsial ada pengaruh signifikan antara T, RH, *rainfall* dan *wind speed* terhadap konsentrasi NO_2 .
2. Penentuan tingkat signifikansi, yaitu $\alpha = 5\%$.
3. Penentuan t hitung dan t tabel. Nilai t hitung diperoleh dari hasil analisis data dan nilai t tabel dari tabel distribusi t dengan $\alpha = 5\%$ yang apabila menggunakan uji dua sisi maka $\alpha = 2,5\%$ atau 0,025. Derajat kebebasan, df diperoleh dari jumlah observasi dikurang dengan jumlah variabel independen dan dikurang 1. t tabel juga dapat ditemukan pada Ms. Excel dengan formula =*tin*v(α ; df).
4. Membandingkan nilai t hitung dan nilai t tabel dengan kriteria pengujian sebagai berikut:
 - a. H_0 diterima jika -t hitung < t tabel < t tabel;
 - b. H_0 ditolak jika -t hitung < -t tabel atau t hitung > t tabel.
5. Penarikan kesimpulan uji t, pada masing-masing variabel independen.

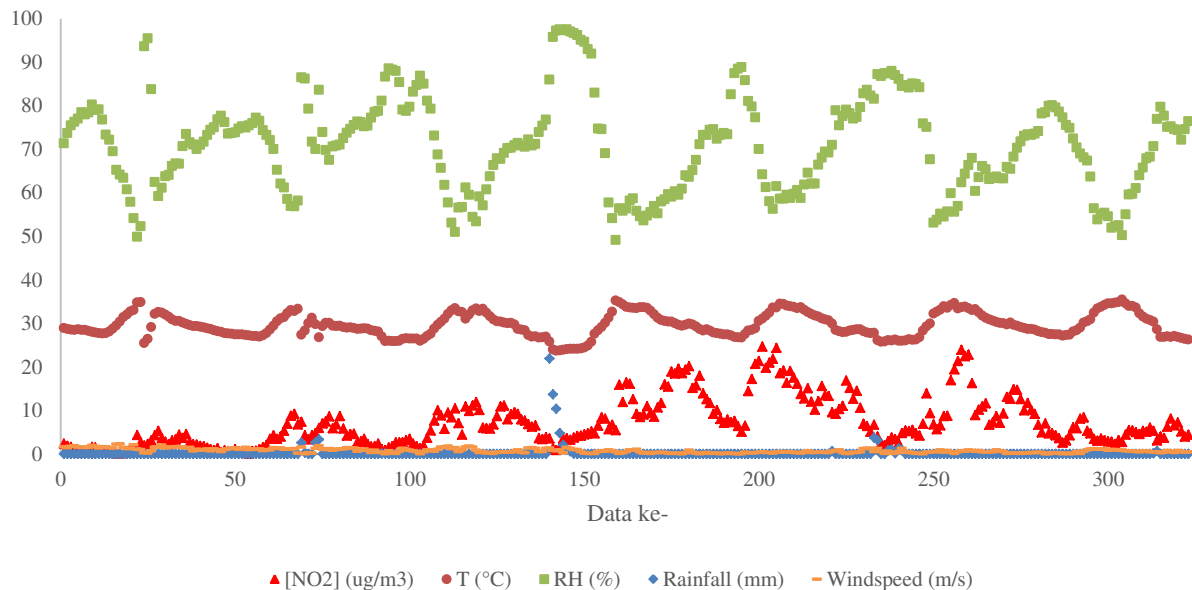
Setelah uji t dilanjutkan dengan melihat nilai R dan R^2 . Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh variabel independen terhadap variabel dependen.

3. Hasil dan Pembahasan

Data konsentrasi NO_2 dan data meteorologi kemudian di plot ke grafik seperti pada **Gambar 3**. Jumlah data sebanyak 323 data pengukuran masing-masing untuk data konsentrasi dan data meteorologi selama 7 hari pemantauan. Data yang diambil dimulai pada pukul 00.30 di hari pertama hingga pukul 24.00 pada hari ke 7. **Gambar 3** menunjukkan perbandingan terbalik pada data suhu (T) dan kelembaban udara (RH). Jika suhu udara tinggi, maka kelembaban udara rendah dan sebaliknya. Selain itu pada data T dan RH terlihat pola berulang yang menunjukkan perbedaan suhu dan kelembaban udara pada siang dan malam hari yang terjadi berulang. Pada siang hari suhu udara cenderung meningkat sedangkan kelembaban udara menurun dan sebaliknya pada malam hari suhu udara menurun, sedangkan kelembaban udara meningkat.

Kecepatan angin selama 7 hari pemantauan cenderung stabil dan nilainya tidak melebihi 1 m/s yang artinya kecepatan angin di kawasan ini cenderung tenang. Curah hujan selama 7 hari pemantauan relatif kecil kecuali pada hari ke 4 terdapat curah hujan tertinggi yaitu 21.90 mm pada dini hari pukul 02.00 WIB. Konsentrasi NO_2 yang terukur bervariasi dan terlihat pola berulang berdasarkan kondisi siang dan malam hari. Jika dilihat pola peningkatan dan penurunan konsentrasi NO_2 pada Gambar 3 cenderung

menyerupai pola peningkatan dan penurunan suhu dan berbanding terbalik dengan kelembaban udara. Namun hubungan ini perlu dibuktikan lebih lanjut dengan pengujian data menggunakan metode analisis regresi linear berganda.



Gambar 3. Konsentrasi Gas NO₂ di Stasiun Pemantauan DKI-1 pada 1 April 2019 hingga 31 Mei 2018
Sumber: [25]

Data konsentrasi NO₂ merupakan variabel dependen yang diduga dipengaruhi oleh variabel independen yang terdiri dari suhu, kelembaban relatif, curah hujan, dan kecepatan angin. Data masing-masing variabel diuji dengan metode regresi linear berganda dan diperoleh hasil seperti **Tabel 1**.

Tabel 1. Summary Output Analisis Regresi Konsentrasi NO₂ dan Wind speed

Regression Statistics	
Multiple R	0,619
R Square	0,383
Adjusted R Square	0,376
Standard Error	4,380
Observations	323

ANOVA					
	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	4	3792,001	948	49,412	2,592E-32
Residual	318	6101,015	19,186		
Total	322	9893,016			

	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value
Intercept	-8,430	11,178	-0,754	0,451
T (°C)	0,763	0,240	3,187	0,002
RH (%)	-0,049	0,060	-0,811	0,418
Rainfall (mm)	0,150	0,157	0,952	0,342
Wind speed (m/s)	-4,961	0,487	-10,192	2,706E-21

Sumber: Data penelitian, 2018

Berdasarkan **Tabel 1** dilakukan beberapa uji terhadap kelompok data konsentrasi NO₂ (Y) yang merupakan variabel dependen dengan kelompok data meteorologi (X₁, X₂, X₃, X₄) yang merupakan variabel independen. Uji koefisien regresi secara bersama-sama dilakukan dengan Uji F (ANOVA) untuk melihat apakah variabel independen secara bersama-sama berpengaruh signifikan terhadap variabel dependen. Hipotesis yang dirumuskan pada Uji F yaitu;

H₀: tidak ada pengaruh signifikan antara T, RH, rainfall dan wind speed terhadap konsentrasi NO₂; dan

H_a : ada pengaruh signifikan antara T, RH, *rainfall* dan *wind speed* terhadap konsentrasi NO_2 .

Selanjutnya ditentukan tingkat signifikansi menggunakan $\alpha = 5\%$. Nilai F hitung yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 1 yaitu 49,412 dan F tabel dengan:

$\alpha = 5\%$,

$df_1 = (\text{jumlah variabel}-1) = 4$, dan

$df_2 = (\text{jumlah sampel}-\text{jumlah variabel independen}-1) = 317$

diperoleh F tabel dengan nilai 2,4.

Pengujian hipotesis dilakukan dengan membandingkan F hitung dan F tabel. H_0 diterima jika F hitung lebih kecil dari F tabel dan sebaliknya, H_0 ditolak jika F hitung lebih besar dari F tabel. Perbandingan nilai uji F diperoleh F hitung > F tabel sehingga H_0 ditolak, artinya ada pengaruh signifikan antara T, RH, *Rainfall* dan *Wind speed* terhadap konsentrasi NO_2 .

Setelah uji F, dilakukan uji koefisien regresi secara parsial dengan Uji t untuk melihat apakah pada model regresi ditemukan pengaruh signifikan variabel independen secara parsial terhadap variabel dependen. Hipotesis yang digunakan pada Uji t yaitu;

H_0 : secara parsial tidak ada pengaruh signifikan antara T, RH, *rainfall* dan *wind speed* terhadap konsentrasi NO_2 ; dan

H_a : secara parsial ada pengaruh signifikan antara T, RH, *rainfall* dan *wind speed* terhadap konsentrasi NO_2 .

Tingkat signifikansi yang digunakan adalah $\alpha = 5\%$. Pengujian t dilakukan dengan membandingkan nilai t hitung dengan nilai t tabel. Nilai t hitung dari Tabel 1 yaitu 3,187 untuk variabel T; -0,811 untuk variabel RH; 0,952 untuk variabel *rainfall* dan -10,192 untuk variabel *wind speed*. Nilai t tabel dengan $\alpha = 5\%$ (dengan uji dua sisi maka α masing-masing sisi menjadi 0,025), df (jumlah sampel-jumlah jumlah variabel independen -1) = 317 adalah 2,252.

Kriteria pengujian yang dilakukan yaitu H_0 diterima jika $-t \text{ tabel} < t \text{ hitung} < t \text{ tabel}$ sedangkan H_0 ditolak jika $-t \text{ hitung} < -t \text{ tabel}$ atau $t \text{ hitung} > t \text{ tabel}$. Variabel T dengan nilai t hitung 3,187 > 2,252 maka H_0 ditolak, artinya secara parsial ada pengaruh signifikan antara T terhadap konsentrasi NO_2 . *p-value* variabel T yaitu $0,002 < 0,05$ juga menunjukkan bahwa ada pengaruh signifikan variabel T terhadap konsentrasi NO_2 yang terukur. Variabel RH dengan nilai t hitung -0,811 < 2,252 maka H_0 tidak ditolak, artinya secara parsial tidak ada pengaruh signifikan antara RH terhadap konsentrasi NO_2 . *p-value* variabel RH adalah $0,418 > 0,05$ menunjukkan tidak ada pengaruh signifikan antara RH terhadap konsentrasi NO_2 . *Rainfall* dengan nilai t hitung 0,952 < 2,252 maka H_0 tidak ditolak, artinya secara parsial tidak ada pengaruh signifikan antara *rainfall* terhadap konsentrasi NO_2 . *p-value* variabel *rainfall* adalah $0,342 > 0,05$ menunjukkan tidak ada pengaruh signifikan antara *rainfall* terhadap konsentrasi NO_2 . Variabel *wind speed* dengan nilai t hitung -10,192 < -2,252 maka H_0 ditolak, artinya secara parsial ada pengaruh signifikan antara *wind speed* terhadap konsentrasi NO_2 . *p-value* variabel *wind speed* adalah $2,706 \times 10^{-21} < 0,05$ menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap konsentrasi NO_2 .

Koefisien *intercept* pada persamaan regresi yang diperoleh dari analisis data pada Tabel 1 yaitu -8,43 yang artinya jika variabel-variabel indepen bernilai 0 maka nilai Y atau konsentrasi NO_2 bernilai -8,43. Koefisien regresi untuk variabel T yaitu 0,763 yang artinya jika variabel independen selain T nilainya tetap dan T naik 1°C maka konsentrasi NO_2 naik sebesar $0,763 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Hal ini menunjukkan jika suhu udara naik maka konsentrasi NO_2 yang terukur juga akan naik. Sama dengan penelitian [17] yang menunjukkan korelasi positif antara T dan konsentrasi NO_2 . Koefisien regresi variabel RH yaitu sebesar -0,049 yang artinya jika variabel independen selain RH nilainya tetap dan RH naik 1% maka konsentrasi NO_2 turun sebesar $0,049 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Hal ini menunjukkan korelasi negatif antara RH dan konsentrasi NO_2 yang terukur. Berbeda dengan penelitian [17] yang menunjukkan korelasi positif antara RH dan konsentrasi polutan primer termasuk NO_2 .

Hal ini diperkirakan di lokasi penelitian terjadi reaksi gas NO_2 dengan uap air sehingga memungkinkan pengurangan konsentrasi NO_2 yang terukur. Koefisien regresi untuk *rainfall* yaitu 0,15 yang artinya jika variabel independen selain *rainfall* nilainya tetap dan *rainfall* naik 1 mm maka konsentrasi NO_2 naik sebesar $0,15 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Hal ini sesuai dengan Ref. [20] yang menunjukkan korelasi negatif antara *rainfall* dan konsentrasi NO_2 terukur. Hal tersebut terjadi akibat efek “*washing*” oleh air hujan terhadap NO_2 di udara. Koefisien regresi untuk *wind speed* yaitu bernilai -4,961 yang artinya jika variabel independen selain *wind speed* nilainya tetap dan *wind speed* naik 1 m/s maka konsentrasi NO_2 berkurang sebesar $4,961 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Hal ini menunjukkan korelasi negatif antara *wind speed* dan konsentrasi

NO₂ terukur. Hal yang sama dilaporkan oleh Ref. [17] yang menyimpulkan pengurangan NO₂ dapat terjadi akibat perpindahan polutan yang disebabkan oleh angin.

Hubungan antara seluruh variabel independen terhadap variabel dependen diketahui dari analisis korelasi ganda dengan melihat nilai R. Nilai R ganda atau R *multiple* dari Tabel 1 adalah 0,619 yang menunjukkan hubungan yang kuat antara T, RH, *rainfall*, dan *wind speed* terhadap konsentrasi NO₂. Persentase sumbangan pengaruh variabel independen secara bersamaan terhadap variabel dependen diketahui dari analisis determinasi yang dilihat dari nilai R². Tabel 1 menunjukkan nilai R² sebesar 0,383 yang artinya persentase sumbangan pengaruh variabel T, RH, *rainfall* dan *wind speed* terhadap konsentrasi NO₂ adalah sebesar 38,3% dan sisanya yaitu 61,7% dipengaruhi oleh faktor lain yang tidak dimasukkan dalam pengukuran pada penelitian ini.

4. Kesimpulan

Faktor meteorologi yang meliputi suhu, kelembaban udara relatif, curah hujan dan kecepatan angin mempengaruhi konsentrasi NO₂ yang terukur. Nilai R *multiple* dari analisis regresi linear berganda adalah 0,619 yang menunjukkan hubungan yang kuat antara konsentrasi NO₂ dan keempat faktor meteorologi. Nilai R² sebesar 0,383 menunjukkan persentase sumbangan pengaruh variabel T, RH, *rainfall*, dan *wind speed* terhadap konsentrasi NO₂ adalah sebesar 38,3% dan sisanya yaitu 61,7% dipengaruhi oleh faktor lain yang tidak dimasukkan dalam pengukuran pada penelitian ini. Secara parsial ada pengaruh signifikan antara T terhadap konsentrasi NO₂ dan keduanya memiliki korelasi positif. Tidak ada pengaruh signifikan antara RH terhadap konsentrasi NO₂ dan korelasinya negatif. Tidak ada pengaruh signifikan antara *rainfall* terhadap konsentrasi NO₂ dan korelasinya negatif. Ada pengaruh signifikan antara *wind speed* terhadap konsentrasi NO₂ dan korelasi negatif.

5. Ucapan Terima Kasih

Author mengucapkan terima kasih kepada Dinas Lingkungan Hidup Provinsi DKI Jakarta dan Universitas Universal yang telah mendukung penelitian ini.

6. Singkatan

NO ₂	Nitrogen Dioksida
T	<i>Temperature</i>
RH	<i>Relative Humidity</i>

7. Referensi

- [1] S. Sabir and M. S. Gorus, "The impact of globalization on ecological footprint: empirical evidence from the South Asian countries," *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 2019, doi: 10.1007/s11356-019-06458-3.
- [2] U. Amri, "Globalisasi dan Dampaknya terhadap Lingkungan dan Keamanan Manusia di Asia Pasifik: Kasus China dan Papua Nugini," *J. Kaji. Wil.*, 2011.
- [3] A. Budiyo, "Pencemaran Udara : Dampak Pencemaran Udara Pada Lingkungan," *Dirgantara*, 2001.
- [4] G. D'Amato *et al.*, "Climate change and air pollution: Effects on respiratory allergy," *Allergy, Asthma and Immunology Research*. 2016, doi: 10.4168/aair.2016.8.5.391.
- [5] A. Larkin *et al.*, "Global Land Use Regression Model for Nitrogen Dioxide Air Pollution," *Environ. Sci. Technol.*, 2017, doi: 10.1021/acs.est.7b01148.
- [6] M. A. Akbarzadeh *et al.*, "The association between exposure to air pollutants including PM10, PM2.5, ozone, carbon monoxide, sulfur dioxide, and nitrogen dioxide concentration and the relative risk of developing STEMI: A case-crossover design," *Environ. Res.*, 2018, doi: 10.1016/j.envres.2017.11.020.
- [7] A. K. Gorai, F. Tuluri, P. B. Tchounwou, and S. Ambinakudige, "Influence of local meteorology and NO₂ conditions on ground-level ozone concentrations in the eastern part of Texas, USA," *Air Qual. Atmos. Heal.*, 2015, doi: 10.1007/s11869-014-0276-5.
- [8] Y. Cui *et al.*, "Rapid growth in nitrogen dioxide pollution over Western China, 2005-2013," *Atmos. Chem. Phys.*, 2016, doi: 10.5194/acp-16-6207-2016.
- [9] I. C. Hanigan *et al.*, "Blending multiple nitrogen dioxide data sources for neighborhood estimates of long-term exposure for health research," *Environ. Sci. Technol.*, 2017, doi: 10.1021/acs.est.7b03035.

- [10] F. Liu *et al.*, “A methodology to constrain carbon dioxide emissions from coal-fired power plants using satellite observations of co-emitted nitrogen dioxide,” *Atmos. Chem. Phys.*, 2020, doi: 10.5194/acp-20-99-2020.
- [11] T. M. Chen, J. Gokhale, S. Shofer, and W. G. Kuschner, “Outdoor air pollution: Nitrogen dioxide, sulfur dioxide, and carbon monoxide health effects,” *Am. J. Med. Sci.*, 2007, doi: 10.1097/MAJ.0b013e31803b900f.
- [12] M. C. Flores-Pajot, M. Ofner, M. T. Do, E. Lavigne, and P. J. Villeneuve, “Childhood autism spectrum disorders and exposure to nitrogen dioxide, and particulate matter air pollution: A review and meta-analysis,” *Environmental Research*. 2016, doi: 10.1016/j.envres.2016.07.030.
- [13] X. Ji *et al.*, “Nitrogen dioxide air pollution and preterm birth in Shanghai, China,” *Environ. Res.*, 2019, doi: 10.1016/j.envres.2018.11.007.
- [14] A. Keramatnia *et al.*, “Correlation between nitrogen dioxide as an air pollution indicator and breast cancer: A systematic review and meta-analysis,” *Asian Pacific J. Cancer Prev.*, 2016, doi: 10.7314/APJCP.2016.17.1.419.
- [15] Y. Ouyang, Z. Xu, E. Fan, Y. Li, and L. Zhang, “Effect of nitrogen dioxide and sulfur dioxide on viability and morphology of oak pollen,” *Int. Forum Allergy Rhinol.*, 2016, doi: 10.1002/alr.21632.
- [16] S. Yan, H. Cao, Y. Chen, C. Wu, T. Hong, and H. Fan, “Spatial and temporal characteristics of air quality and air pollutants in 2013 in Beijing,” *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 2016, doi: 10.1007/s11356-016-6518-3.
- [17] J. He *et al.*, “Air pollution characteristics and their relation to meteorological conditions during 2014–2015 in major Chinese cities,” *Environ. Pollut.*, 2017, doi: 10.1016/j.envpol.2017.01.050.
- [18] Y. Duan *et al.*, “Effect of changes in season and temperature on cardiovascular mortality associated with nitrogen dioxide air pollution in Shenzhen, China,” *Sci. Total Environ.*, 2019, doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.134051.
- [19] R. Cichowicz, G. Wielgosiński, and W. Fetter, “Dispersion of atmospheric air pollution in summer and winter season,” *Environ. Monit. Assess.*, 2017, doi: 10.1007/s10661-017-6319-2.
- [20] H. Y. Kwak, J. Ko, S. Lee, and C. H. Joh, “Identifying the correlation between rainfall, traffic flow performance and air pollution concentration in Seoul using a path analysis,” 2017, doi: 10.1016/j.trpro.2017.05.288.
- [21] J. K. Sethi and M. Mittal, “A new feature selection method based on machine learning technique for air quality dataset,” *J. Stat. Manag. Syst.*, 2019, doi: 10.1080/09720510.2019.1609726.
- [22] 866m/data=!3m2!1e3!4b1!4m5!3m4!1s0x2e69f42165575b9f:0x2998e57aaa2a6e2b!8m2!3d-6.1930713!4d106.8230356 <https://www.google.com/maps/place/Bundaran+HI/@-6.1930713,106.8208469>, “Bundaran Hotel Indonesia.”
- [23] J. Harlan, *Analisis Regresi Linear*. 2018.
- [24] Y. S. Swarinoto and S. Sugiyono, “Pemanfaatan Suhu Udara Dan Kelembapan Udara Dalam Persamaan Regresi Untuk Simulasi Prediksi Total Hujan Bulanan Di Bandar Lampung,” *J. Meteorol. dan Geofis.*, 2011, doi: 10.31172/jmg.v12i3.109.
- [25] Dinas Lingkungan Hidup Provinsi DKI Jakarta, “Laporan Harian Kualitas Udara di Stasiun Pemantau,” 2018.