

# STUDI KANDUNGAN ASAM PADA AIR HUJAN DI KAWASAN SURABAYA TIMUR

Rachmanu Eko Handriyono<sup>1</sup>, Amrita Winaya Shita Dewi<sup>2</sup>

Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya  
E-mail: handriyono.rachmanu@gmail.com

## ABSTRAK

*Peningkatan pembangunan dan ekonomi di Kawasan Surabaya Timur mempunyai dampak pada perubahan kualitas udara. Konsumsi energi dari kegiatan industri dan transportasi menghasilkan emisi pencemar udara. Emisi gas SO<sub>2</sub> dan NO<sub>2</sub> yang terlepas ke udara menimbulkan peristiwa deposisi asam. Kandungan gas asam di udara bebas jika terkena hujan bisa menyebabkan hujan asam. Penelitian ini melakukan kajian kandungan asam pada air hujan di Kawasan Surabaya Timur. Lokasi pengambilan air hujan berada di Jalan Dr. Ir. Soekarno, Kawasan Industri SIER, dan Semolowaru Indah. Sampling air hujan dilakukan pada bulan April 2018. Parameter pencemar yang diuji adalah pH, nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), dan sulfat (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>). Hasil pengukuran menunjukkan bahwa pH air hujan terendah berada di kawasan industri SIER. Perhitungan menggunakan model regresi linear berganda menunjukkan bahwa penurunan pH air hujan lebih dipengaruhi oleh ion nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) daripada ion sulfat (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>).*

**Kata Kunci:** hujan asam, konsumsi energi, kualitas udara

## ABSTRACT

*The increase in development and economy in the East Surabaya area has an impact on changes in air quality. Energy consumption from industrial and transportation activities produces air pollutant emissions. Gas emissions of SO<sub>2</sub> and NO<sub>2</sub> released into the atmosphere cause acid deposition. The content of acid gas in atmosphere when exposed with rain can cause acid rain. This study analyze the acid content of rainwater in the East Surabaya Region. Rainwater collection locations are on Dr. Ir. Soekarno Street, SIER Industrial Area, and Semolowaru Indah. Rainwater sampling is carried out in April 2018. Pollutant parameters tested were pH, nitrate (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), and sulfate (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>). The measurement results show that the lowest pH of rainwater is in the SIER industrial area. Calculations using multiple linear regression models show that nitrate (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) is more influential in reducing pH of rainwater than sulfate (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>).*

**Keyword:** acid rain, air quality, energy consumption

## PENDAHULUAN

Perkembangan pembangunan dan ekonomi di Kawasan Surabaya Timur semakin meningkat pesat. Kegiatan industri dan transportasi yang berkembang pesat menyebabkan peningkatan konsumsi energi hasil dari penggunaan bahan bakar minyak. Emisi pencemar dari proses pembakaran bahan bakar dapat menyebabkan penurunan kualitas udara. Menurut Yusuf dkk. (2013), konsumsi bahan bakar yang berlebih memicu terjadinya pencemaran udara di seluruh dunia. Gonzalez dan Cogliati (2016) mengatakan bahwa kegiatan transportasi mempunyai peranan besar terhadap penurunan kualitas udara. Gas SO<sub>2</sub> dan NO<sub>2</sub> yang terlepas ke udara merupakan salah satu penyebab terjadinya deposisi asam.

Menurut Yu dkk. (2016), emisi gas SO<sub>2</sub> dan NO<sub>2</sub> yang berasal dari aktivitas manusia dapat berubah menjadi nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) dan sulfat (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) melalui proses fisika dan kimia yang kompleks. Prakash dkk. (2017) menjelaskan bahwa sumber utama NO<sub>2</sub> ke atmosfer berasal dari proses industri non-pembakaran tertentu seperti, pembuatan asam nitrat, penggunaan bahan peledak dan pengelasan. Sedangkan sumber utama sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>) ke atmosfer berasal dari pembakaran bahan bakar fosil dari pembangkit listrik dan fasilitas industri lainnya.

Kandungan gas asam di udara bebas jika terkena hujan bisa menyebabkan hujan asam. Deposisi asam pada umumnya adalah peristiwa pengendapan asam dengan pH kurang dari

5,6 (Hasan dkk., 2017). Menurut Walaszek dkk. (2013) penghilangan polutan di atmosfer dapat terjadi melalui proses deposisi basah atau deposisi kering. Amodio dkk. (2014) menambahkan bahwa polutan asam dihilangkan dari atmosfer melalui presipitasi oleh air hujan, salju, atau kabut yang dikenal dengan deposisi basah. Hujan asam adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan berkontakannya air hujan dengan sulfur dan nitrogen oksida yang secara signifikan membuat air hujan sangat asam (Mustapha dan Mohammed, 2017). Penurunan nilai pH pada air hujan karena adanya asam organik maupun anorganik yang bereaksi secara kompleks di atmosfer (Petrescu dkk., 2017). Air hujan menjadi lebih asam karena gas sulfur dioksida dan nitrogen oksida yang membentuk asam sulfat dan asam nitrat.

Penelitian ini melakukan pengukuran pH, nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), dan sulfat (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) pada air hujan di Kawasan Surabaya Timur. Pengambilan air hujan berada di Jalan Dr. Ir. Soekarno yang merupakan daerah padat transportasi, Kawasan Industri SIER, dan Semolowaru Indah sebagai daerah permukiman. Penelitian ini bertujuan mengetahui kandungan asam air hujan pada lokasi padat transportasi, industri, dan permukiman di Kawasan Surabaya Timur.

## TINJUAN PUSTAKA

Penurunan kualitas udara merupakan suatu permasalahan besar di kebanyakan kota di dunia. Hal ini disebabkan

terutama oleh adanya energi yang digunakan di dalam transportasi dan industri meski kontribusi alam juga menyokong melalui kejadian seperti letusan gunung berapi dan kebakaran hutan. Di banyak negara berkembang, konsentrasi bahan pencemar udara yang berasal dari kegiatan transportasi dan industri meningkat sebagai suatu konsekuensi terhadap meningkatnya pembakaran bahan bakar fosil (Tiwary dan Colls, 2010).

Sektor transportasi dan industri di Kawasan Surabaya Timur telah berkembang semakin pesat seiring bertambahnya waktu. Semakin bertambahnya unit kendaraan bermotor dan berbagai industri telah memberikan kontribusi terhadap nilai gas buangan yang dihasilkan. Pembangunan fisik kota dengan berdirinya pusat-pusat industri disertai dengan melonjaknya produksi kendaraan bermotor, mengakibatkan peningkatan kepadatan lalu lintas dan hasil produksi sampingan, yang merupakan salah satu sumber pencemar udara (Vallero, 2008).

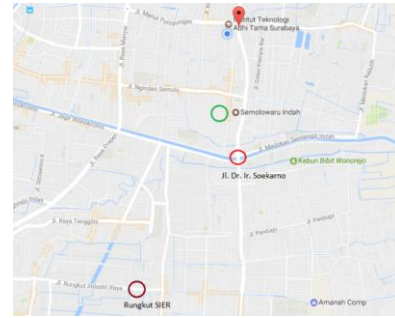
Emisi gas SO<sub>2</sub> dan NO<sub>2</sub> yang berasal dari kegiatan industri dan transportasi merupakan penyebab terjadinya peristiwa deposisi asam (Duan dkk, 2016). Polutan asam yang berada di udara bebas dapat dihilangkan melalui deposisi kering dan deposisi basah. Deposisi kering merupakan proses jatuhnya asam ke bumi melalui gas dan partikel. Polutan asam dapat terdeposisi pada vegetasi, bangunan, atau bahkan pada sistem pernafasan manusia. Deposisi basah adalah berkontakannya zat asam di udara dengan uap air dalam bentuk hujan, salju, atau kabut (Dubey, 2013). Kandungan asam di udara jika terkena hujan dapat menyebabkan hujan asam. Hujan asam terjadi apabila pH air hujan kurang dari 5,6. Hujan bersifat asam karena gas sulfur dioksida dan nitrogen oksida membentuk asam sulfat dan asam nitrat. Wardhani dkk. (2015) menambahkan bahwa hujan asam terjadi karena tingginya gas sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>) dan nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>) berdifusi ke atmosfer dan bereaksi dengan air membentuk asam sulfat dan asam nitrat kemudian jatuh bersama air hujan.

## METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini mengambil data primer berupa sampel air hujan di Kawasan Surabaya Timur. Lokasi penelitian berada di Jalan Dr. Ir. Soekarno, Kawasan Industri SIER, dan Semolowaru Indah (Gambar 1). Penentuan lokasi pengambilan sampel air hujan berdasarkan kegiatan transportasi, industri, dan daerah permukiman di Kawasan Surabaya Timur.

Tujuannya untuk mengetahui sumber pencemar yang paling berpengaruh terhadap kandungan asam pada air hujan. Parameter yang diuji adalah pH air hujan, nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), dan sulfat (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>). Pengambilan air hujan dilakukan pada bulan April 2018 dengan metode grab sampling.

Pengukuran pH menggunakan alat pH meter, sedangkan nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) menggunakan metode analisa spektrofotometri sesuai SNI 6989.79:2011, dan untuk sulfat (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) menggunakan metode turbidimetri sesuai SNI 6989.20:2009.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Analisis data menggunakan persamaan regresi linear berganda untuk menentukan hubungan tingkat keasaman (pH) dengan nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), dan sulfat (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>). Berdasarkan penelitian Pradipta dkk. (2013) tentang analisis pengaruh curah hujan di Kota Medan, regresi linier berganda ditujukan untuk menentukan hubungan linier antar beberapa variabel bebas dengan variabel terikat. Sari dkk. (2007) melakukan penelitian tentang hujan asam pada beberapa penggunaan lahan di Kabupaten dan Kota Bogor menggunakan model regresi linear berganda. Sehingga penelitian ini menggunakan persamaan regresi linear berganda sebagai berikut (Sari dkk, 2007):

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 \dots (1)$$

Keterangan:

Y = pH air hujan

X<sub>1</sub> = konsentrasi rata-rata ion nitrat NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (mg/l)

X<sub>2</sub> = konsentrasi rata-rata ion sulfat SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (mg/l)

a = intersep

b<sub>i</sub> = koefisien regresi

## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Emisi gas SO<sub>2</sub> dan NO<sub>2</sub> dari kegiatan industri dan transportasi di Kawasan Surabaya Timur menyebabkan deposisi asam. Gas SO<sub>2</sub> jika bereaksi dengan uap air di udara akan membentuk asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) sedangkan gas NO<sub>2</sub> berubah menjadi asam nitrat (HNO<sub>3</sub>). Penelitian ini mengambil sampel air hujan untuk mengukur pH, nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), dan sulfat (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>). Pengambilan sampel air hujan dilakukan pada bulan April 2018 dimana terdapat 10 sampel air hujan di masing-masing lokasi penelitian (Tarigan dkk., 2016). Tabel 1, Tabel 2, dan Tabel 3 merupakan hasil pengukuran pH, nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), dan sulfat (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) di lokasi sampling.

Tabel 1. pH rata-rata dan kadar NO<sub>3</sub><sup>-</sup> dan SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> di Jl. Dr. Ir. Soekarno

Waktu sampling	pH	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)
Rabu, 11 April 2018	5,84	1,92	8,60
Kamis, 12 April 2018	5,86	1,74	8,67
Jumat, 13 April 2018	5,93	1,61	7,76
Sabtu, 14 April 2018	6,23	2,06	8,72
Selasa, 17 April 2018	5,97	1,75	6,85
Rabu, 18 April 2018	5,65	2,35	8,83
Kamis, 19 April 2018	5,90	1,82	9,45
Selasa, 24 April 2018	6,17	1,68	7,25
Rabu, 25 April 2018	5,80	1,85	8,62
Kamis, 26 April 2018	5,65	2,46	9,69
Rata-rata	5,90	1,92	8,44

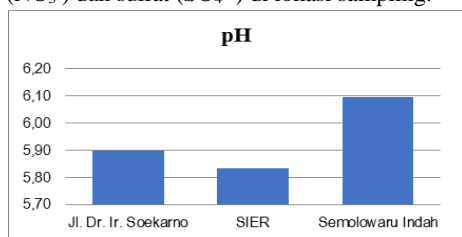
**Tabel 2.** pH rata-rata dan kadar NO<sub>3</sub><sup>-</sup> dan SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> di Kawasan Industri SIER

Waktu sampling	pH	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)
Rabu, 11 April 2018	5,72	2,25	9,86
Kamis, 12 April 2018	5,94	1,96	8,80
Jumat, 13 April 2018	5,81	1,74	8,26
Sabtu, 14 April 2018	6,07	2,18	8,96
Selasa, 17 April 2018	5,91	1,74	6,90
Rabu, 18 April 2018	5,64	2,48	9,21
Kamis, 19 April 2018	5,84	1,87	9,36
Selasa, 24 April 2018	6,15	1,65	7,30
Rabu, 25 April 2018	5,69	2,16	9,38
Kamis, 26 April 2018	5,57	2,52	10,86
Rata-rata	5,83	2,06	8,89

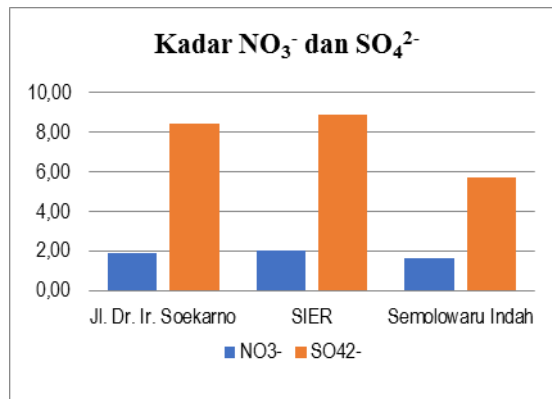
**Tabel 3.** pH rata-rata dan kadar NO<sub>3</sub><sup>-</sup> dan SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> di Semolowaru Indah

Waktu sampling	pH	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)
Rabu, 11 April 2018	6,14	1,88	5,42
Kamis, 12 April 2018	6,12	1,56	5,75
Jumat, 13 April 2018	6,18	1,34	5,32
Sabtu, 14 April 2018	6,24	1,84	5,68
Selasa, 17 April 2018	6,28	1,38	5,20
Rabu, 18 April 2018	5,82	1,85	6,73
Kamis, 19 April 2018	6,04	1,65	6,38
Selasa, 24 April 2018	6,20	1,32	4,45
Rabu, 25 April 2018	6,08	1,52	5,97
Kamis, 26 April 2018	5,86	1,94	6,34
Rata-rata	6,10	1,63	5,72

Hasil pengukuran pH air hujan menunjukkan bahwa pH rata-rata terendah berada di Kawasan Industri SIER dengan nilai pH 5,83. Kawasan Industri SIER juga menghasilkan konsentrasi polutan air hujan tertinggi dengan rata-rata nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) sebesar 2,06 mg/L dan sulfat (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) 8,89 mg/L. Adapun pH terendah terjadi pada hari kamis tanggal 26 April 2018 di Kawasan Industri SIER dengan nilai 5,57. Hal ini menjelaskan bahwa kegiatan industri di Kawasan Surabaya Timur mempunyai pengaruh yang lebih besar dalam penurunan pH air hujan daripada kegiatan transportasi dan permukiman. Sedangkan pH tertinggi dan konsentrasi polutan terendah pada air hujan berada di daerah permukiman Semolowaru Indah. Berdasarkan penelitian Sari dkk. (2007) menyatakan bahwa konsentrasi polutan udara di daerah permukiman lebih rendah daripada di daerah industri maupun daerah padat transportasi. Konsentrasi polutan udara yang rendah menyebabkan senyawa asam yang terbentuk juga akan rendah sehingga pH air hujan menjadi tinggi (Sari dkk, 2007). Gambar 1 dan Gambar 2 adalah pH rata-rata air hujan dan konsentrasi nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) dan sulfat (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) di lokasi sampling.



**Gambar 1.** pH rata-rata pada air hujan



**Gambar 2.** Kadar nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), dan sulfat (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)

Hujan dapat dikatakan bersifat asam jika mempunyai pH 5,6. Hal tersebut karena zat pencemar dapat larut dalam air hujan dan menghasilkan senyawa yang bersifat asam. Hasil pengukuran pH air hujan menunjukkan bahwa hujan di lokasi sampling tidak termasuk kategori hujan asam karena masih berada di atas batas 5,6. Salah satu upaya mencegah terjadinya hujan asam adalah menanam dan memperbanyak vegetasi di dekat sumber pencemar. Menurut Sari dkk. (2007), vegetasi dapat menyerap zat pencemar sehingga pH air hujan tidak turun. Hasil pengamatan visual menunjukkan bahwa terdapat banyak area vegetasi di Kawasan Industri SIER, di sepanjang jalan Dr. Ir. Soekarno, dan di daerah permukiman Semolowaru Indah. Hal tersebut menjelaskan bahwa vegetasi mampu mengendalikan pH air hujan agar tidak menjadi asam.

Analisis data menggunakan regresi linear berganda menghasilkan persamaan sebagai berikut:

$$Y = 6,9215 - 0,4109 X_1 - 0,0273 X_2$$

Hasil tersebut menjelaskan bahwa nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) mempunyai pengaruh yang lebih besar dalam menurunkan pH air hujan daripada sulfat (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>). Ion nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) mempunyai sifat yang sulit larut dalam air sehingga pH air hujan menjadi turun. Sebaliknya, ion sulfat (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) bersifat mudah larut dalam air. Menurut Sudalma dan Purwanto (2012), pH air hujan dipengaruhi oleh kadar SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> dan NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Konsentrasi nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), dan sulfat (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) yang tinggi juga menghasilkan pH terukur menjadi rendah.

**KESIMPULAN**

Kesimpulan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Kegiatan industri mempunyai pengaruh yang lebih besar terhadap penurunan pH air hujan di Kawasan Surabaya Timur dengan nilai pH rata-rata 5,83 di Kawasan Industri SIER, pH rata-rata 5,90 untuk kegiatan transportasi di Jalan Dr. Ir. Soekarno, dan pH rata-rata 6,10 di permukiman Semolowaru Indah.
2. Nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) mempunyai pengaruh yang lebih besar dalam menurunkan pH air hujan dibandingkan dengan sulfat (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>).
3. Hujan pada lokasi sampling tidak termasuk kategori hujan asam.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktur Riset dan Pengabdian Masyarakat Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan karena telah membiayai penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amodio, M., Catino, S., Dambruoso, P. R., de Gennaro, G., Di Gilio, A., Giungato, P., Laiola, E., Marzocca, A., Mazzone A., Sardaro, A., dan Tutino M. (2014). Atmospheric Deposition: Sampling Procedures, Analytical Methods, and Main Recent Findings from the Scientific Literature. *Hindawi Publishing Corporation Advances in Meteorology*, 2014, 1-7.
- Duan, L., Yu, Q., Zhang, Q., Wang, Z., Pan, Y., Larssen, T., Tang, J., dan Mulder, J. (2016). Acid Deposition in Asia: Emissions, Deposition, and Ecosystem Effects. *Atmospheric Environment*, 146, 55-69.
- Dubey, S. (2013). Acid Rain – The Major Cause of Pollution: Its Causes, Effects and Solution. *International Journal of Scientific Engineering and Technology*, 2 (8), 772-775.
- Gonzalez, D., dan Cogliati, M. (2016). Study of vehicle emissions between Neuquén and Centenario, Argentina. *Atmósfera*, 29 (3), 267-277.
- Hasan, N. Y., Drijana, Sulaeman, A., dan Ariesyady, H. D. (2018). Acidic Wet Deposition in Bandung City Indonesia. *MATEC Web of Conferences*, 147, 1-7.
- Mustapha, M. K., dan Mohammed, Z. O. (2018). Effect of simulated acid rain on the survival, mortality, behaviour and morphology of African mud catfish *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822). *Acta Scientiarum*, 40, 1-4.
- Petrescu, M., Bucur, E., Diodiu, R., Bratu, M., Serbanescu A., dan Barbu, M. 2017. Chemical Characterization of Wet Depositions in Urban and Rural Area. *International Symposium "The Environment and The Industry"*, Rumania, 2017, 213-220.
- Prakash, B. M., Majumder, S., Swamy, M., Mahesh, S. (2017). Assimilative Capacity and Air Quality Index Studies of the Atmosphere in Hebbal Industrial Area, Mysuru. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 6 (10), 20651-20662.
- Sari, R. P., Rushayati, S. B., dan Hermawan, R. (2007). Hujan Asam pada Beberapa Penggunaan Lahan di Kabupaten dan Kota Bogor. *Media Konservasi*, 7, 77-79.
- Sudalma dan Purwanto. (2012). Analisis Sifat Hujan Asam di Kota Semarang. *Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan, Semarang*, 2012. 1-7.
- Tarigan, D. L., Rahmawaty, dan Afifudin, Y. (2016). Pemetaan Hujan Asam oleh Kegiatan Industri di Kecamatan Medan Deli, Kota Madya Medan, Kawasan Industri Medan (KIM). *Peronema Forestry, Science Journal*, 5 (1), 184-190.
- Tiwary, A., dan Colls, J. (2010). Air Pollution Measurement, Modelling and Mitigation 3<sup>rd</sup> Edition. Routledge. London dan New York.
- Vallero, D. (2008). Fundamental of Air Pollution 4<sup>th</sup> Editon. Academic Press. USA.
- Walaszek, K., Kryza, M., dan Dore, A. J. (2013). The Impact of Precipitation on Wet Deposition of Sulphur and Nitrogen Compounds. *Ecological Chemistry and Engineering*, 20, 733-745.
- Wardhani, N. K., Ihwan, A., dan Nurhasanah. (2015). Studi Tingkat Keasaman Air Hujan Berdasarkan Kandungan Gas CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, dan NO<sub>2</sub> di Udara (Studi Kasus Balai Pengamatan Dirgantara Pontianak). *Prisma Fisika*, 3 (1), 9-14.
- Yu, H., He, N., Wang, Q., Zhu, J., Xu, L., Zhu, Z., dan Yu, G. (2016). Wet acid deposition in Chinese natural and agricultural ecosystems. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 121 (18), 10995-11005.
- Yusuf, K. A., Oluwole, S., Abdusalam, I. O., Gbenga, R. (2013). Spatial Patterns of Urban Air Pollution in an Industrial Estate, Lagos, Nigeria. *International Journal of Engineering Inventions*, 2 (4), 1-9.