KAJIAN DEPOSISI ASAM DI KAWASAN SURABAYA TIMUR

Rachmanu Eko Handriyono[1], Amrita Winaya Shita Dewi[2]
Teknik Lingkungan-ITATS, Jl. Arief Rahman Hakim 100 Surabaya[1]
Teknik Sipil-ITATS, Jl. Arief Rahman Hakim 100 Surabaya[2]
e-mail: handriyono.rachmanu@gmail.com

ABSTRACT

The rapid development in East Surabaya has an impact on the increase of energy consumption which can eventually lead to air pollution. Excessive energy consumption in burning fossil fuels can release SO_2 and NO_2 resulting in acid deposition. Acid deposition can cause serious environmental damage to aquatic environments, terrestrial ecosystems, and damage to building structures. This study analyzes acid deposition in East Surabaya. East Surabaya is an area with rapid development because of the potential that exists in the region such as industry and trade, tourism, and settlements. The parameters in this study were SO_2, NO_2, rainwater pH, nitrate (NO^{3-}), and sulfate (SO_4^{2-}). The location of SO_2 and NO_2 measurements and rainwater sampling are located at Jl. Dr. Ir. H. Soekarno because it is a crowded transportation, SIER Industrial Area Rungkut, and Semolowaru Indah which is a populous area of settlement. Data analysis using multiple linear regression equation. The result of the measurement at the sampling location shows that Semolowaru has a higher concentration of SO_2 and NO_2 than the SIER Industrial Area and transportation at Jl. Dr. Ir. Soekarno. In addition, the regression coefficient shows that nitrates (NO_3^-) are more influential in lowering rainwater pH than sulfate ions (NO_3^-).

Keyword: *acid deposition, energy consumption, pH*

ABSTRAK

Perkembangan pembangunan yang meningkat pesat berpotensi menyebabkan peningkatan konsumsi energi yang pada akhirnya dapat menimbulkan pencemaran udara. Konsumsi energi berlebih pada pembakaran bahan bakar fosil dapat melepas gas SO_2 dan NO_2 sehingga terjadi deposisi asam. Deposisi asam dapat mengakibatkan kerusakan lingkungan yang serius terhadap lingkungan perairan, ekosistem daratn, dan kerusakan struktur bangunan. Studi ini melakukan kajian deposisi asam di Kawasan Surabaya Timur. Kawasan Surabaya Timur merupakan daerah dengan perkembangan yang pesat karena potensi yang ada di wilayahnya seperti industri dan perdagangan, pariwisata, dan permukiman. Parameter pencemar dalam studi ini adalah gas SO_2, gas NO_2, pH air hujan, nitrat (NO_3^-), dan sulfat (SO_4^{2-}). Lokasi pengukuran gas SO_2 dan NO_2 dan pengambilan sampel air hujan berada di Jl. Dr. Ir. H. Soekarno karena merupakan padat transportasi, Kawasan Industri SIER Rungkut, dan Semolowaru Indah yang merupakan daerah padat permukiman. Analisis data menggunakan model regresi linier berganda. Hasil pengukuran pada lokasi sampling menunjukkan bahwa Semolowaru mempunyai konsentrasi gas SO_2 dan NO_2 yang lebih tinggi daripada Kawasan Industri SIER dan transportasi di Jl. Dr. Ir. Soekarno. Selain itu, koefisien regresi menunjukkan bahwa nitrat (NO_3^-) lebih berpengaruh dalam menurunkan pH air hujan dibandingkan dengan sulfat (NO_3^-).

Kata kunci: deposisi asam, konsumsi energi, pH

PENDAHULUAN

Kawasan Surabaya Timur merupakan daerah dengan perkembangan yang pesat karena potensi yang ada di wilayahnya seperti industri dan perdagangan, pariwisata, dan permukiman. Dalam perkembangannya Kawasan Surabaya Timur menjadi daerah strategis bagi pengembangan perekonomian dan pembangunan. Perkembangan pembangunan menyebabkan peningkatan konsumsi energi yang pada akhirnya dapat menimbulkan pencemaran udara. Pencemaran udara merupakan salah satu faktor besar terhadap penurunan kualitas udara di perkotaan. Pencemaran udara terjadi ketika udara mengandung gas, debu, asap atau bau dalam jumlah yang berbahaya [1]. Pencemaran udara telah menjadi masalah serius karena

dampaknya yang sangat merugikan bagi lingkungan dan kesehatan manusia [2]. Dalam beberapa tahun terakhir pencemaran udara menjadi masalah serius karena peningkatan gas polutan yang sangat pesat setiap harinya [3].

Gas SO_2 dan NO_2 merupakan kontribusi terbesar terjadinya deposisi asam [4]. Deposisi asam berasal dari gas SO_2 dan NO_2 dan secara umum dapat juga disebut deposisi asam sulfur atau deposisi asam nitrit [5]. Emisi gas SO_2, NO_2, dan NH_3 dari kegiatan manusia mengalami peningkatan yang pesat sejak tahun 1970 [6]. Setelah proses pembakaran, gas polutan akan terdispersi dan terbawa hingga ratusan kilometer [7]. Polutan asam dihilangkan dari atmosfer melalui deposisi basah dan deposisi kering. Deposisi basah mengacu pada hujan asam, kabut, dan salju, sedangkan deposisi kering mengacu pada asam gas dan partikel di udara bebas [8].

Studi ini melakukan kajian deposisi asam di Kawasan Surabaya Timur. Kawasan Surabaya Timur merupakan daerah dengan perkembangan yang pesat karena potensi yang ada di wilayahnya seperti industri dan perdagangan, pariwisata, dan permukiman. Parameter dalam studi ini adalah gas SO_2, gas NO_2, pH air hujan, nitrat (NO_3^-), dan sulfat (SO_4^{2-}). Lokasi pengukuran gas SO_2 dan NO_2 dan pengambilan sampel air hujan berada di Jl. Dr. Ir. H. Soekarno karena merupakan padat transportasi, Kawasan Industri SIER Rungkut, dan Semolowaru Indah yang merupakan daerah padat permukiman. Analisis data menggunakan model regresi linier berganda. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis deposisi asam yang terjadi di Kawasan Surabaya Timur akibat kegiatan transportasi dan industri.

TINJAUAN PUSTAKA

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. Sumber pencemar udara yang disebabkan oleh kegiatan manusia (antropogenik) berasal dari pembakaran bahan bakar fosil yang pada umumnya termasuk dalam keluarga karbon atau hidrokarbon. Bahan bakar fosil yang umumnya digunakan yakni oktana (C_8H_{18}) yang merupakan bahan bakar dengan senyawa hidrokarbon kompleks.

Deposisi asam terjadi akibat pengaruh pencemaran oksida yang berasal dari proses pembakaran bahan bakar fosil dari kegiatan industri, pembangkit tenaga listrik, dan kendaraan bermotor yang melepas gas buang ke udara atau yang terbawa angin ke atmosfir. Polutan asam dihilangkan dari atmosfer melalui deposisi basah (*wet deposition*) dan deposisi kering (*dry deposition*). Gas – gas tersebut bereaksi dengan uap air, oksigen, atau partikel debu, dan dengan bantuan sinar matahari akan mempercepat reaksi terbentuknya asam sulfat dan asam nitrat. Dengan kata lain deposisi asam terdiri dari hujan asam, deposisi kering partikel asam, serta pembersihan basah.

Deposisi basah (*wet deposition*) mengacu pada hujan asam, kabut, dan salju. Jika polutan asam di udara terbawa ke daerah-daerah dengan cuaca basah, asam dapat jatuh ke tanah dalam bentuk hujan, salju, kabut, atau kabut [9]. Hujan asam terjadi bila pH air hujan lebih rendah dari 5,6 yang akan mempengaruhi makhluk hidup maupun benda-benda lain. Sedangkan hujan normal memiliki pH air hujan sekitar 5,6 dan sedikit bersifat asam. Jika air hujan terkontaminasi oleh asam kuat, maka pH air hujan akan turun di bawah 5,6. Deposisi asam yang dihasilkan menyebabkan kerusakan lingkungan yang serius terhadap ekosistem air dan tanah, bangunan-bangunan bersejarah serta gedung.

Sedangkan deposisi kering (*dry deposition*) terjadi pada waktu cuaca berawan dan tidak hujan. Deposisi kering terjadi secara kompleks melalui proses pengendapan, impaksi, dan adsorpsi [10]. Nitrogen oksida dan sulfur oksida masuk ke atmosfir melalui angin dan terdeposisi pada pohon-pohon, gedung-gedung dan bahkan dalam sistem pernafasan manusia. Deposisi kering ini mengacu pada proses jatuhnya asam ke bumi melalui gas dan debu atau partikel, dimana hampir setengah dari deposisi asam terjadi secara kering. Deposisi kering banyak terjadi

di daerah perkotaan karena pencemaran udara yang bersumber dari cerobong asap pabrik dan lalu lintas kendaraan bermotor. Deposisi kering pada umumnya terjadi di tempat yang dekat dengan sumber emisi.

METODE

Pengolahan data primer

Data primer berupa pengukuran langsung gas SO_2 dan NO_2 dan sampel air hujan berupa pH, nitrat (NO_3^-), dan sulfat (SO_4^{2-}). Alat pengukuran gas pencemar menggunakan impinger dengan metode analisa untuk NO_2 adalah Saltzman dan untuk SO_2 adalah Potensiometri. Analisa SO_2 dan NO_2 di Laboratorium Pengendalian Pencemaran Udara dan Perubahan Iklim Departemen Teknik Lingkungan ITS. Penelitian ini mengambil data primer sebanyak 6 kali di Jalan Dr. Ir. Soekarno, Kawasan Industri SIER Rungkut, dan Semolowaru Indah.

Analisis data

Analisis menggunakan persamaan regresi linier berganda untuk menentukan hubungan tingkat keasaman (pH) dengan nitrat (NO_3^-), dan sulfat (SO_4^{2-}) berdasarkan persamaan (1). Selain itu juga menganalisis tingkat konsentrasi gas SO_2 dan NO_2 pada lokasi sampling.

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 \quad \ldots . (1)$$

Keterangan:
Y = pH air hujan
X3 = konsentrasi rata-rata ion nitrat NO_3^- (mg/l)
X4 = konsentrasi rata-rata ion sulfat SO_4^{2-} (mg/l)
a = intersep
b_i = koefisien regresi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembahasan Data I

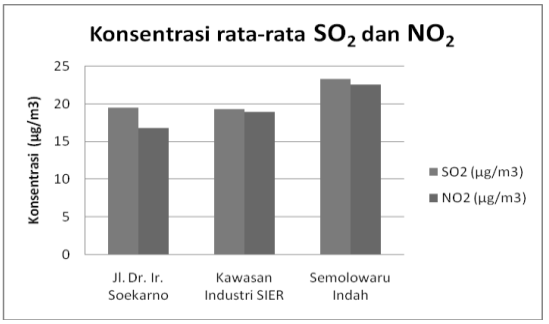
Pengukuran konsentrasi gas SO_2 dan NO_2 bertujuan mengetahui tingkat konsentrasi pencemar di lokasi sampling. Gas SO_2 dan NO_2 yang berasal dari sumber pencemar seperti kegiatan industri atau transportasi merupakan penyebab utama terjadinya hujan asam. Pengukuran konsentrasi gas SO_2 dan NO_2 dilakukan pada bulan Juli 2018. Tabel 1 dan Gambar 1 adalah hasil sampling konsentrasi rata-rata gas SO_2 dan NO_2 di lokasi sampling.

Tabel 1. Konsentrasi rata-rata gas SO_2 dan NO_2

Lokasi	Konsentrasi Rata-rata	
	SO_2 ($\mu g/m^3$)	NO_2 ($\mu g/m^3$)
Jl. Dr. Ir. Soekarno	19,49	16,79
Kawasan Industri SIER	19,34	18,94
Semolowaru Indah	23,32	22,60

Tabel 1 menunjukkan bahwa konsentrasi rata-rata gas SO_2 dan NO_2 tertinggi berada di Semolowaru Indah yang merupakan daerah permukiman. Hal ini dapat disebabkan karena gas pencemar dari kegiatan industri atau transportasi terbawa oleh angin sehingga sampai ke daerah permukiman di Semolowaru Indah. Berdasarkan data arah angin dari Stasiun Pemantau Kualitas Udara SUF 6 Wonorejo pada Bulan Juli menunjukkan arah angin rata-rata 265º (ke arah barat). Hal tersebut menunjukkan bahwa daerah permukiman Semolowaru Indah lebih banyak menerima

gas pencemar dari kegiatan transportasi di Jl. Dr. Ir. Soekarno. Faktor-faktor yang mempengaruhi gambaran kualitas udara adalah arah dan kecepatan angin, jarak dari sumber ke penerima, dan stabilitas atmosfer [11]. Penyebaran polutan di udara sangat dipengaruhi oleh faktor meteorologi kecepatan dan arah angin [12]. Untuk menanggulangi gas pencemar tersebut bisa menambahkan area hijau di sekitar permukiman Semolowaru Indah. Vegetasi pada area hijau mampu mengabsorpsi gas pencemar sehingga kualitas udara menjadi lebih baik.



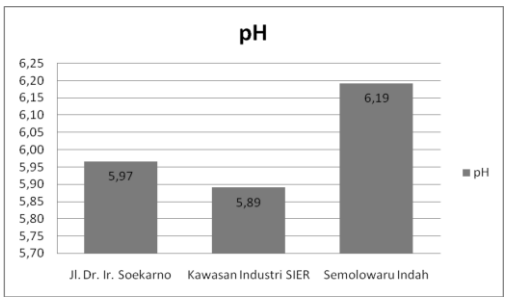
Gambar 1. Konsentrasi rata-rata SO_2 dan NO_2

Pembahasan Data II

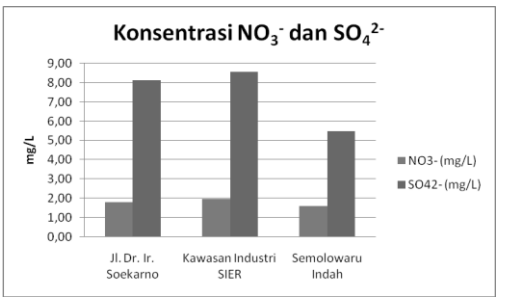
Pengambilan air hujan pada lokasi sampling untuk mengukur kandungan pH, ion nitrat (NO_3^-), dan ion sulfat (SO_4^{2-}). Gas SO_2 ketika bertemu dengan uap air di udara akan bereaksi membentuk asam sulfat sedangkan gas NO_2 bereaksi dengan uap air menjadi asam nitrat. Hal ini merupakan salah satu proses penyebab terjadinya hujan asam. Tabel 2 dan Gambar 2 adalah hasil pengukuran pH, ion nitrat (NO_3^-), dan ion sulfat (SO_4^{2-}) di lokasi sampling.

Tabel 2. Nilai pH dan konsentrasi rata-rata NO_3^- dan SO_4^{2-} pada air hujan

Lokasi	pH	NO_3^- (mg/L)	SO_4^{2-} (mg/L)
Jl. Dr. Ir. Soekarno	5,97	1,82	8,12
Kawasan Industri SIER	5,89	1,97	8,56
Semolowaru Indah	6,19	1,60	5,47



(a)



(b)

Gambar 2. a) nilai pH pada lokasi sampling, b) konsentrasi rata-rata NO_3^- dan SO_4^{2-}

Tabel 2 menunjukkan bahwa pH terendah dan konsentrasi polutan tertinggi berada di Kawasan Industri SIER. Sedangkan pH tertinggi dan konsentrasi polutan terendah berada di Semolowaru Indah. Hal ini menunjukkan bahwa kegiatan industri menjadi salah satu penyebab pH air hujan menjadi agak rendah. Hujan secara alami bersifat asam dengan pH 5,6 karena gas pencemar dapat larut dalam air hujan dan menghasilkan senyawa yang bersifat asam [13]. Berdasarkan hasil pengukuran pH air hujan, hujan pada lokasi sampling tidak termasuk kategori hujan asam karena pH masih diatas 5,6. Hal ini karena di Kawasan Surabaya telah banyak area hijau dimana vegetasi pada area hijau dapat mengabsorpsi gas pencemar sehingga pH air hujan masih berada pada batas aman.

Hasil analisis regresi linier berganda menghasilkan persamaan sebagai berikut:

$$\mathbf{Y = 7{,}024686 - 0{,}31665\ X_1 - 0{,}05956\ X_2}$$

Hasil uji regresi linear berganda menunjukkan bahwa konsentrasi nitrat (NO_3^-) lebih berpengaruh dalam menurunkan pH air hujan dibandingkan dengan sulfat (SO_4^{2-}). Ion nitrat (NO_3^-) lebih berpengaruh dalam menurunkan pH air hujan karena bersifat sulit larut dalam air sedangkan ion sulfat (SO_4^{2-}) bersifat mudah larut dalam air [14]. Konsentrasi NO_3^- dan SO_4^{2-} di Kawasan Industri SIER yang tinggi juga menghasilkan pH yang terukur menjadi rendah.

KESIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Semolowaru Indah sebagai daerah permukiman memiliki konsentrasi rata-rata SO_2 dan NO_2 yang lebih tinggi daripada Kawasan Industri SIER dan transportasi di Jl. Dr. Ir Soekarno. Untuk menanggulangi gas pencemar bisa menambahkan area hijau di daerah Semolowaru Indah.
2. Hujan pada lokasi sampling tidak termasuk kategori hujan asam karena pH air hujan masih berada pada batas aman.
3. Koefisien regresi menunjukkan bahwa nitrat (NO_3^-) lebih berpengaruh dalam menurunkan pH air hujan dibandingkan dengan sulfat (SO_4^{2-}).

DAFTAR PUSTAKA

[1] J. Colls, *Air Pollution*, London: Spon Press, 2002.
[2] B. Nana *et al*., "Air Quality Study in Urban Centers: Case Study of Ouagadougou, Burkina Faso". *FUTY Journal of the Enviromnent*, vol. 7, p. 1-18, 2012.
[3] M. Zhou *et al*., "The Association Between Ambient Air Pollution and Adult Respiratory Mortality in 32 Major Chinese Cities, 2006-2010". *Environmental Research*, vol. 137, p. 278-286, 2015.
[4] S. Kabashi *et al*., "Dynamic Modelling of Air Pollution and Acid Rain from Energy System and Transport in Kosovo". *Open Journal of Air Pollution*, vol. 1, p. 82-96, 2012.
[5] F. Yao *et al*., "Photosynthetic and Growth Responses of Schima Superba Seedlings to Sulfuric and Nitric Acid Depositions". *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 23, p. 8644-8658, 2016.
[6] L. Duan *et al*., "Acid Deposition in Asia: Emissions, Deposition, and Ecoosystem Effects". *Atmospheric Environment*, vol. 146, p. 55-69, 2016.
[7] S. Osu *et al*., "Acid Rain Environmental Problems: Implications for the Teaching of Biology in Schools in Riverine Communities". *Academic Journal of Interdisciplinary Studies*, vol. 2, p. 101-108, 2013.
[8] M. Wondyfraw, "Mechanisms and Effects of Acid Rain on Environment". *Journal of Earth Science and Climate Change*, vol. 5, p. 1-3, 2014.

[9] S. Dubey, "Acid Rain-The Major Cause of Pollution: Its Causes, Effects and Solution". *International Journal of Scientific Engineering and Technology*, vol. 2, p. 772-775, 2013.
[10] R. M. Ceron *et al*., "Atmospheric Dry Deposition in the Proximity of Oil-Fired Power Plants at Mexican Pacific Coast". *Journal of Environmental Protection*, vol. 3, p. 1228-1237, 2012.
[11] K. Prueksakorn *et al*., "Review of Air Dispersion Modelling Approaches to Assess The Risk of Wind-borne Spread of Foot-and-mouth Disease Virus". *Journal of Environmental Protection*, vol. 3, p. 1260-1267, 2012.
[12] R. E. Handriyono, "Pembentukan Fungsi Pengaruh Meteorologi Pada Persamaan Gauss Menggunakan Software R". Jurnal IPTEK, vol. 21, p. 1-8, 2017.
[12] N. K. Wardhani *et al*., "Studi Tingkat Keasaman Air Hujan Berdasarkan Kandungan Gas CO2, SO2, dan NO2 di Udara (Studi Kasus Balai Pengamatan Dirgantara Pontianak". *Prisma Fisika*, vol. 3, p. 9-14, 2015.
[13] R. P. Sari *et. al*, "Hujan Asam pada Beberapa Penggunaan Lahan di Kabupaten dan Kota Bogor". *Media Konservasi*, vol. 12, p. 77-79, 2007.