



## Pengaruh Polusi Udara terhadap Deposisi Asam di Daerah Sekitar Pantai

### The Effect of Air Pollution on Acid Deposition in Coastal Areas

DYAH ARIES TANTI\*, ARIF RACHMAN, OPIK TAOPIK, ASRI INDRAWATI,  
WIWIEK SETYAWATI, LISTI RESTU TRIANI, WILIN JULIAN SARI

Badan Riset dan Inovasi Nasional, KST Samaun Samadikun, Jl. Sangkuriang Dago, Kec. Coblong, Kota Bandung, Indonesia

\*dyahariest@gmail.com

#### ARTICLE INFO

##### Article history:

Received 27 April 2024

Accepted 6 November 2024

Published 31 January 2025

##### Keywords:

Rainwater

Ambient air

Passive sampler

#### ABSTRACT

Acid deposition resulting from air pollution has various negative impacts and has emerged as a global issue, leading to human health problems. The primary causes of acid deposition are pollutants originating from both natural and anthropogenic sources. This study aimed to identify the chemical composition characteristics related to acid deposition in coastal areas, encompassing both wet and dry deposition. Sampling took place in Pameungpeuk, Garut Regency, from 2012 to 2018. The wet deposition was monitored by collecting rainwater samples using rain gauges, while dry deposition was assessed through passive sampler methods in ambient air. Laboratory analysis revealed that  $\text{Na}^+$  and  $\text{Cl}^-$  ions were highly dominant in rainwater, with average concentrations of  $200.70 \mu\text{mol/L}$  and  $181.29 \mu\text{mol/L}$ , respectively. Regarding ambient air measurements, the average concentration of  $\text{O}_3$  was the highest among other parameters, at  $18.88 \mu\text{g/m}^3$ . The concentrations of dissolved ions and ambient air are significantly influenced by rainfall, acting as a diluent in the atmosphere.

#### INFORMASI ARTIKEL

##### Histori artikel:

Diterima 27 April 2024

Disetujui 6 November 2024

Diterbitkan 31 Januari 2025

##### Kata kunci:

Air hujan

Udara ambien

Passive sampler

#### ABSTRAK

Deposisi asam sebagai akibat dari polusi udara memberikan dampak negatif yang luas dan telah menjadi permasalahan global dan menyebabkan gangguan kesehatan manusia. Penyebab utama deposisi asam adalah polutan yang dihasilkan dari sumber alami dan juga antropogenik. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik komposisi kimia dalam kaitannya dengan deposisi asam di daerah pantai baik secara basah maupun kering. Sampling dilakukan di Pameungpeuk, Kabupaten Garut dari tahun 2012-2018. Pemantauan deposisi basah dengan melakukan pengukuran pada sampel air hujan yang ditampung dengan penakar air hujan, sedangkan deposisi kering dengan menggunakan metode *passive sampler* pada udara ambien. Dari hasil analisis di laboratorium menunjukkan bahwa ion  $\text{Na}^+$  dan  $\text{Cl}^-$  keberadaannya sangat dominan pada air hujan, dengan konsentrasi rata-rata ion  $\text{Cl}^-$  sebesar  $200,70 \mu\text{mol/L}$  dan ion  $\text{Na}^+$   $181,29 \mu\text{mol/L}$ . Hasil pengukuran udara ambien, konsentrasi rata-rata  $\text{O}_3$  paling tinggi di antara parameter lainnya yaitu sebesar  $18,88 \mu\text{g/m}^3$ . Tinggi rendahnya konsentrasi dari ion terlarut dan udara ambien sangat dipengaruhi oleh curah hujan yang berperan sebagai pengencer di atmosfer.

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Telah dilakukan beberapa penelitian tentang polusi udara ambien yang disebabkan oleh sumber lokal maupun dari sumber jauh yang dapat menyebabkan dampak buruk terhadap lingkungan dan kesehatan manusia (Yim, 2019). Deposisi asam merupakan salah satu dampak yang ditimbulkan dari polusi udara. Menurut Baedecker dan Kita dalam Mohajan 2019, deposisi asam merupakan peristiwa pengendapan zat asam yang ada di atmosfer ke bumi baik secara basah dalam bentuk salju, hujan, kabut dan embun,

maupun pengendapan secara kering dalam bentuk gas, partikel, uap, dan aerosol, yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar fosil serta proses industri lainnya. Deposisi basah dan kering merupakan proses menghilangkan bahan-bahan kimia yang ada di atmosfer dan menyimpannya di permukaan bumi yaitu di dalam tanah dan air. Bahan kimia tersebut berupa bahan organik dan anorganik alami maupun antropogenik (Amodio *et al.*, 2014).

Penyebab utama terjadinya deposisi asam adalah oksida belerang, oksida karbon, oksida nitrogen, sisa hidrokarbon, dan partikel lainnya yang berasal dari sumber alam dan antropogenik. Sumber alami dari emisi gunung api dan pro-

-ses biologis yang terjadi di darat, lahan basah, dan lautan sebagai penyumbang gas asam ke atmosfer. Sumber antropogenik dari pembakaran batu bara, penggunaan minyak bumi, gas alam pada pembangkit listrik, kegiatan rumah tangga, dan transportasi. Gas dan partikel emisi tersebut akan bereaksi dengan uap air membentuk larutan lemah asam sulfat dan asam nitrat yang kemudian jatuh kembali sebagai hujan asam ke permukaan bumi, laut, danau, maupun daratan (Wondyfraw, 2014).

Deposisi asam menyebabkan dampak negatif yang luas, tidak hanya dianggap sebagai permasalahan negara maju, saat ini juga telah berdampak pada negara-negara berkembang. Peningkatan frekuensi deposisi asam ditunjukkan dengan tren penurunan pH air hujan pada sebagian negara yang sedang berkembang secara ekonomi (Prakash et al., 2022). Deposisi asam menyebabkan polusi ekologi global seperti menyebabkan kematian ikan di danau, rawa, dan sungai serta kerusakan pada ekosistem hutan. Selain itu juga menyebabkan berbagai gangguan kesehatan pada manusia, iritasi mata, hidung, tenggorokan serta gangguan paru-paru seperti batuk kering, asma, dan bronkitis (Mohajan, 2019).

Mengingat dampak yang ditimbulkan dari deposisi asam yang semakin meluas bahkan hingga menjadi salah satu permasalahan global, maka perlu untuk memberikan perhatian khusus terhadap masalah deposisi asam (Greenfelt et al., 2020; Yu et al., 2024). Beberapa negara maju juga telah mengambil langkah-langkah untuk mengurangi emisi gas penyebab deposisi asam. Selain itu, perlu juga untuk dilakukan identifikasi penyebab dan strategi pengendalian untuk mengurangi deposisi asam demi kesejahteraan global.

## 1.2 Tujuan Penelitian

Deposisi asam merupakan faktor ekologi yang sangat berbahaya dan berdampak pada menurunnya produktivitas di berbagai ekosistem. Sehingga, perlu adanya kepedulian secara global baik dari negara-negara, dan seluruh lapisan masyarakat terhadap masalah deposisi asam ini. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kondisi deposisi asam di daerah Pameungpeuk sebagai daerah pesisir, dengan melakukan pengukuran secara kualitatif dan kuantitatif pada komposisi kimia baik dari deposisi basah maupun deposisi kering.

## 2. METODE

### 2.1 Alat dan Bahan

Pemantauan dilakukan dengan dua metode yaitu pemantauan deposisi basah dan deposisi kering. Deposisi basah dilakukan dengan melakukan sampling pada air hujan dengan cara mengambil sampel air hujan setiap turun hujan. Air hujan ditampung dalam *rain gauge*, kemudian diukur curah hujan dan volume air hujan dengan gelas ukur. Selanjutnya air hujan disimpan dalam botol sampel dan diberi label identitas sampel. Sampel air hujan kemudian dibawa ke laboratorium kimia untuk dilakukan analisis lebih lanjut yaitu pengukuran pH dengan pH meter. Tahap akhir dari analisis adalah pengukuran konsentrasi anion dan kation yang terlarut dalam air hujan menggunakan peralatan kromatografi ion ICS 1500 untuk analisis anion dan ICS 1600 untuk analisis kation. Hasil analisis secara kualitatif dan

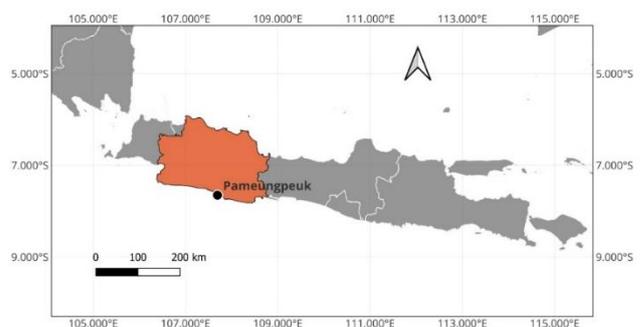
kuantitatif diperoleh konsentrasi ion-ion  $\text{Na}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ , dan  $\text{SO}_4^{2-}$ .

Pemantauan deposisi kering yang dilakukan adalah mengukur konsentrasi udara ambien, antara lain gas  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{O}_3$ , dan  $\text{NH}_3$ . Pengambilan sampel gas menggunakan peralatan *passive sampler* sesuai prosedur CMAR Chemlab (CSRIO Marine and Atmospheric Research Wet Chemistry Laboratory). Metode sampling ini secara pasif berdasarkan prinsip difusi, di mana molekul gas akan berdifusi ke dalam *sampler* dan terkumpul pada filter. Sebelumnya filter telah ditetesi dengan larutan penyerap yang spesifik untuk masing-masing gas. *Passive sampler* yang berisi filter dengan larutan penyerap dipaparkan di udara terbuka selama kurang lebih 30 hari (1 bulan). Filter hasil sampling selanjutnya diekstrak dengan air demineralisasi, kemudian hasil ekstraksi dianalisis dengan kromatografi ion untuk parameter  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ , dan  $\text{NH}_3$ , sedangkan  $\text{NO}_2$  dianalisis dengan spektrofotometer.

## 2.2 Data dan Lokasi

Data yang digunakan adalah data konsentrasi ion terlarut air hujan hasil analisis kromatografi ion dari tahun 2012-2018, yaitu anion  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ , dan kation  $\text{Na}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ . Data konsentrasi udara ambien yaitu gas  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{O}_3$ , dan  $\text{NH}_3$  dari *passive sampler* pada tahun yang sama. Sebagai data tambahan digunakan data pH air hujan dan data curah hujan bulanan yang diperoleh dari pengukuran *rain gauge*.

Lokasi pengambilan data dilakukan di Pameungpeuk, Kabupaten Garut, Jawa Barat (Gambar 1). Lokasi sampling ada di kantor BRIN yang terletak di tepi Pantai Santolo. Peralatan sampling berupa *rain gauge* dan *passive sampler* ditempatkan pada lokasi yang sama yaitu di lapangan terbuka di area kantor.



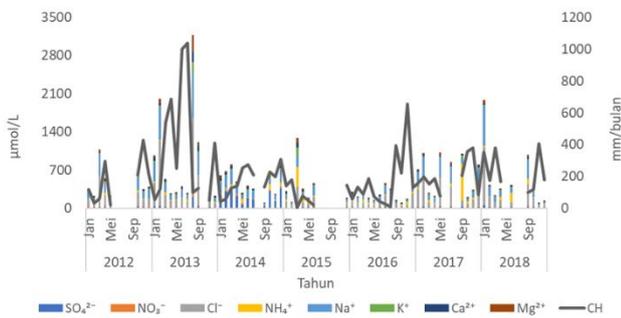
Gambar 1. Peta lokasi *sampling*

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Deposisi Basah

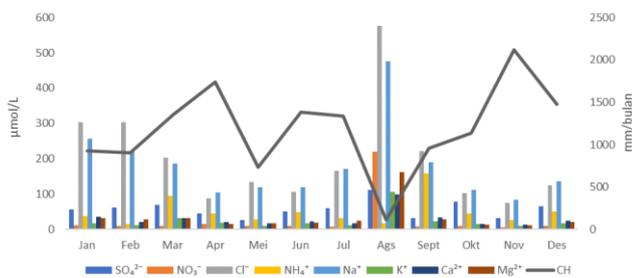
Deposisi basah berkaitan dengan konsentrasi ion terlarut dalam air hujan. Dari hasil pengamatan sampel air hujan di Pameungpeuk di Gambar 2 menunjukkan bahwa curah hujan berpengaruh terhadap fluktuasi konsentrasi ion terlarut. Saat musim basah konsentrasi ion yang terlarut dalam air hujan cenderung lebih rendah, sebaliknya konsentrasi ion terlarut akan lebih tinggi saat musim kering. Pada gambar terlihat saat curah hujan tinggi, konsentrasi ion cenderung rendah. Pada awal musim basah atau musim peralihan dari kering ke basah deposisi asam terjadi sangat

signifikan dan biasanya ditandai dengan tingginya konsentrasi ion terlarut dalam air hujan. Hal ini disebabkan lamanya periode musim kering sebelumnya yang menyebabkan polutan terakumulasi di atmosfer (Vlasof et al., 2021).



Gambar 2. Konsentrasi anion dan kation air hujan

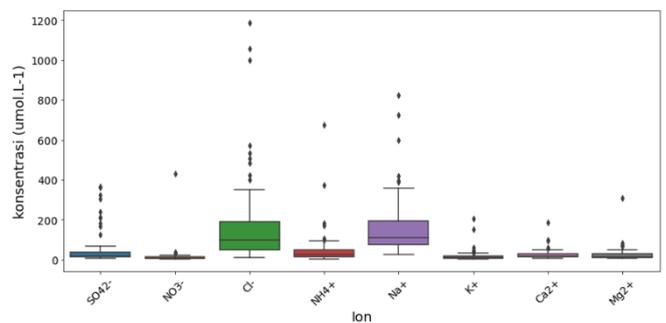
Dari rata-rata konsentrasi bulanan pada Gambar 3 terlihat bahwa pada bulan kering dengan intensitas hujan yang rendah seperti pada bulan Agustus, konsentrasi ion terlarut dalam air hujan sangat tinggi. Pada bulan dengan curah hujan yang tinggi yaitu November dan Desember, nilai ion terlarut pada air hujan cenderung rendah karena adanya efek pengenceran pada konsentrasi ion dan pembersihan atmosfer (Payus, 2020). Hal yang sama terjadi juga di bulan April, Juni, dan Juli, hal ini menunjukkan pengaruh curah hujan terhadap tinggi rendahnya konsentrasi ion terlarut dalam air hujan.



Gambar 3. Konsentrasi anion dan kation bulanan

Parameter yang dominan dari ion terlarut dalam air hujan di daerah Pameungpeuk adalah Na<sup>+</sup> dan Cl<sup>-</sup> (Gambar 4). Na dan Cl merupakan unsur yang mendominasi daerah

Pantai. Tidak hanya mempengaruhi air hujan, Na dan Cl juga akan ditemukan dalam konsentrasi yang tinggi pada air permukaan di sekitar pantai (Kumar et al., 2013). Ion klorida (Cl<sup>-</sup>) tersebar luas di alam, hampir semua air alami baik air tanah maupun air permukaan mengandung Cl<sup>-</sup> terutama dalam bentuk garam, namun kandungan terbesar ada pada air laut hingga mencapai 1900 mg/L (Wu et al., 2021). Rata-rata konsentrasi Cl<sup>-</sup> di Pameungpeuk sebesar 200,70 μmol/L. Selanjutnya diikuti oleh ion Na<sup>+</sup> dengan konsentrasi sebesar 181,29 μmol/L. Di air laut kedua ion tersebut membentuk garam NaCl, dan keberadaannya di air laut cukup tinggi, sehingga berpengaruh juga pada konsentrasi air hujan di daerah sekitar pantai. Konsentrasi Cl<sup>-</sup> maksimum di daerah ini bahkan mencapai 577,33 μmol/L, sedangkan Na<sup>+</sup> mencapai 476,67 μmol/L. Nilai tersebut cukup tinggi apabila dibandingkan dengan parameter lainnya yang nilai maksimumnya masih di bawah 200 μmol/L.



Gambar 4. Distribusi ion pada air hujan

Konsentrasi unsur anorganik dari air hujan di Pameungpeuk dapat dilihat pada tabel 1. Dari data yang diperoleh, urutan nilai konsentrasi dari besar ke kecil antara lain Cl<sup>-</sup> > Na<sup>+</sup> > SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> > NH<sub>4</sub><sup>+</sup> > Mg<sup>2+</sup> > Ca<sup>2+</sup> > NO<sub>3</sub><sup>-</sup> > K<sup>+</sup>. Konsentrasi terbesar setelah Cl<sup>-</sup> dan Na<sup>+</sup> adalah SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> dengan konsentrasi rata-rata 57,32 μmol/L, kemudian diikuti oleh ion kation NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, dan Ca<sup>2+</sup>. Tingginya konsentrasi SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> di Pameungpeuk lebih banyak dihasilkan dari kegiatan antropogenik, mengingat sekitar pantai juga merupakan daerah pemukiman penduduk dengan berbagai kegiatan ekonomi. Senyawa sulfat di atmosfer lebih banyak berasal dari kegiatan antropogenik seperti pembakaran belerang pada bahan bakar fosil, limbah rumah tangga termasuk detergen dan juga limbah industri (Rubright, 2017).

Tabel 1. Rata-rata konsentrasi bulanan

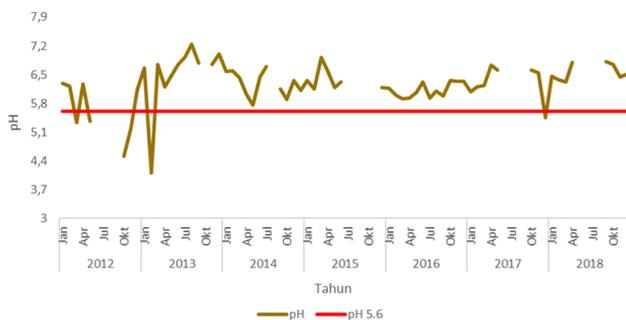
	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>
Maks	111,98	219,39	577,33	158,71	476,67	106,65	98,66	162,40
Min	26,72	6,62	75,31	15,36	83,85	8,78	12,70	11,17
Rata-rata	57,32	27,00	200,70	49,82	181,29	23,81	29,15	33,60

Konsentrasi ion NH<sub>4</sub><sup>+</sup> dipengaruhi oleh gas amonia (NH<sub>3</sub>). Sumber emisi terbesar NH<sub>3</sub> adalah pertanian dari penggunaan pupuk dan juga dari peternakan. Selain itu, NH<sub>3</sub> juga berasal dari proses industri, emisi kendaraan, dan juga dari proses penguapan tanah dan laut (Bahera, 2013). Di daerah Pameungpeuk sendiri masih banyak lahan pertanian dan peternakan yang memungkinkan untuk menyumbang emisi NH<sub>3</sub> selain dari penguapan air laut. Untuk konsentrasi

kation lainnya seperti magnesium (Mg<sup>2+</sup>), kalsium (Ca<sup>2+</sup>), dan kalium (K<sup>+</sup>) di daerah pantai berasal dari laut yang mengandung garam laut. Di air laut, ion tersebut bersifat reaktif dengan Cl<sup>-</sup> dan ditemukan dalam bentuk senyawa garam MgCl<sub>2</sub>, CaCl<sub>2</sub>, dan KCl.

Selain konsentrasi ion terlarut dalam air hujan, parameter lain yang berkaitan dengan deposisi asam adalah tingkat keasaman dari air hujan yang dinyatakan dengan nilai

pH. Hujan dikatakan bersifat asam dan dianggap sebagai hujan asam apabila memiliki nilai pH di bawah 5,6 (Wondyfraw, 2014). Nilai dari pH air hujan di Pameungpeuk dapat dilihat di Gambar 5. Nilai pH cenderung di atas 5,6 hanya beberapa kejadian hujan yang memiliki pH di bawah 5,6. Nilai pH cenderung di atas 5,6 hanya beberapa kejadian hujan yang memiliki pH di bawah 5,6. Nilai pH air hujan di atas 5,6 mengindikasikan tingginya kandungan konsentrasi yang bersifat basa (kation) dibandingkan asam (anion), atau memiliki kandungan konsentrasi yang sama besarnya sehingga akan menetralkan keasaman air hujan (Indrawati *et al.*, 2019; Payus, 2020). Kondisi ini terlihat pada bulan Agustus tahun 2013, di mana konsentrasi total kation (1.534,90  $\mu\text{mol/L}$ ) dan total anion (1.640,74  $\mu\text{mol/L}$ ) memiliki nilai yang sama tingginya sebesar sehingga mengakibatkan pH air hujan pada bulan tersebut mempunyai nilai pH sekitar 7,24. Keasaman air hujan dipengaruhi pula oleh jumlah curah hujan yang dapat menyebabkan efek pengenceran (Payus, 2020).

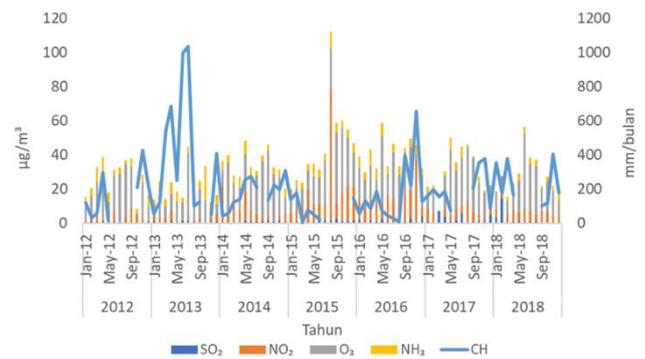


Gambar 5. Nilai pH air hujan

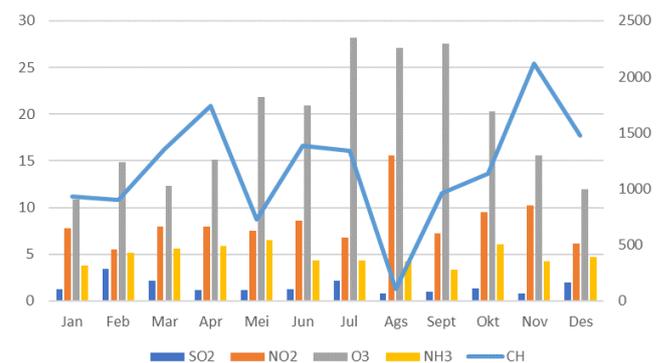
### 3.2 Deposisi Kering

Pemantauan deposisi asam secara kering dilakukan dengan melakukan sampling dan pengukuran konsentrasi gas di udara ambien. Dari hasil pengukuran di Pameungpeuk yang merupakan daerah pantai dan juga dekat dengan pemukiman, konsentrasi gas apabila dibandingkan dengan curah hujan dapat dilihat di Gambar 6. Seperti halnya dengan konsentrasi ion terlarut dalam air hujan, konsentrasi gas di atmosfer juga dipengaruhi oleh tinggi rendahnya curah hujan. Dari Gambar 6 terlihat saat bulan kering dan tidak ada curah hujan yang turun, konsentrasi gas di udara ambien sangat tinggi. Sebaliknya ada kecenderungan penurunan konsentrasi saat curah hujan tinggi. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada konsentrasi rata-rata bulanan di Gambar 7, saat bulan kering seperti bulan Agustus konsentrasi dari gas akan cukup tinggi dibandingkan saat bulan basah November dan Desember. Saat terjadi hujan akan terjadi proses pencucian atmosfer sehingga gas dan partikel akan terlarut oleh air hujan melalui proses *wash out* (Carnelos *et al.*, 2024).

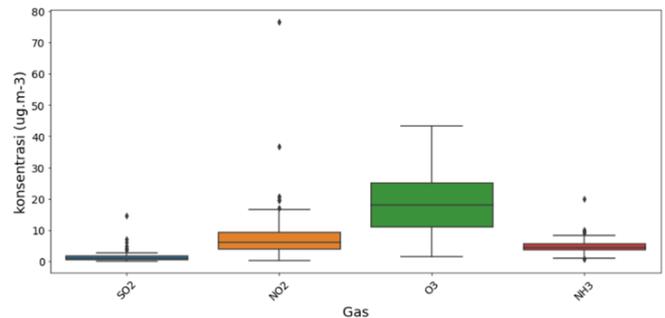
Dari grafik distribusi *boxplot* di Gambar 8, konsentrasi gas yang dominan adalah  $\text{O}_3$  dengan konsentrasi rata-rata 18,88  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  dan konsentrasi tertinggi mencapai 28,13  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pada bulan Juli. Kemudian yang kedua adalah  $\text{NO}_2$  dengan konsentrasi rata-rata 8,39  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  dan selanjutnya adalah  $\text{NH}_3$  dan  $\text{SO}_2$ . Keberadaan  $\text{O}_3$  di atmosfer adalah sebagai polutan sekunder yang dihasilkan dari reaksi fotokimia antara polutan primer seperti  $\text{NO}_x$  ( $\text{NO}$  dan  $\text{NO}_2$ ) dengan VOCs (*Volatile Organic Compounds*).



Gambar 6. Konsentrasi udara ambien



Gambar 7. Konsentrasi bulanan udara ambien



Gambar 8. Distribusi konsentrasi udara ambien

Sumber utama  $\text{NO}_x$  adalah dari pembakaran batu bara, asap kendaraan, dan pembakaran bahan bakar fosil lainnya. Sedangkan VOCs selain berasal dari sumber antropogenik seperti pembakaran biomassa, pembakaran batu bara dan industri kimia juga berasal dari sumber alami yaitu dari emisi tanaman (Yu *et al.*, 2021). Tingginya konsentrasi  $\text{O}_3$  di daerah Pameungpeuk kemungkinan sebagian besar berasal dari sumber alami. Lokasi sampling terletak di lahan rumput terbuka dan di sekelilingnya masih banyak tanaman dan ilalang yang rimbun yang merupakan sumber dari VOCs. VOCs lebih banyak dihasilkan oleh tanaman berbunga dan senyawa ini berperan penting dalam ekologi tanaman seperti penyerbukan, pertahanan, adaptasi, dan interaksi dengan organisme lain (Lo *et al.*, 2024). Keberadaan  $\text{O}_3$  permukaan tidak hanya dipengaruhi oleh faktor antropogenik tetapi juga oleh faktor meteorologi yaitu arah angin. Angin darat yang berhembus ke laut akan membawa gas  $\text{O}_3$  dari perkotaan menuju daerah pantai (Han *et al.*, 2023). Dari hasil penelitian yang dilakukan oleh Shen *et al.*, 2024, konsentrasi  $\text{O}_3$  di daerah pesisir pantai dipengaruhi oleh perubahan aliran angin. Hal

ini ditunjukkan adanya perubahan konsentrasi  $O_3$  yang signifikan pada daerah pantai di dibandingkan daerah sekitarnya.

Untuk gas  $NH_3$  selain berasal dari penguapan laut juga berasal dari emisi lokal lalu lintas jalan raya, limbah konsumsi manusia, vegetasi alami dan hewan liar, pembakaran bahan bakar dan biomassa, industri, dan lainnya (Sapek, 2013). Konsentrasi rata-rata  $NH_3$  di Pameungpeuk sebesar  $4,85 \mu\text{g}/\text{m}^3$  dengan konsentrasi maksimal  $6,54 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Emisi gas  $NH_3$  di Pameungpeuk lebih banyak berasal dari limbah rumah tangga dan vegetasi dibandingkan dari sektor transportasi. Hal ini terlihat dari kecilnya konsentrasi  $SO_2$  di Pameungpeuk yaitu sebesar  $1,55 \mu\text{g}/\text{m}^3$  dan konsentrasi tertinggi  $3,44 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , di mana nilai tersebut paling rendah apabila dibandingkan dengan parameter yang lainnya. Sumber utama gas  $SO_2$  adalah dari pembakaran bahan bakar fosil dari transportasi. Di daerah Pameungpeuk transportasi darat tidak terlalu ramai ditambah juga dengan transportasi laut yaitu kapal nelayan dan kapal wisata yang banyak beroperasi saat hari libur.

#### 4. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan konsentrasi dari parameter deposisi asam secara basah dan kering di daerah pantai. Dari pengukuran sampel air hujan diperoleh bahwa konsentrasi dari ion  $Na^+$  dan  $Cl^-$  sangat dominan karena pengaruh dari garam dalam air laut. Kegiatan antropogenik juga berkontribusi terhadap polutan yang terkandung dalam air hujan, di antaranya  $SO_4^{2-}$  serta ion-ion kation lainnya. Pengamatan deposisi kering pada udara ambien menunjukkan tingginya konsentrasi  $O_3$  di Pameungpeuk yang lebih banyak dihasilkan dari vegetasi alami dan juga penguapan air laut. Tinggi rendahnya konsentrasi sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan serta faktor meteorologi. Dalam hal ini curah hujan sangat berpengaruh karena adanya efek pencucian atmosfer, di mana curah hujan rata-rata di daerah Pameungpeuk adalah sebesar 1.181 mm/bulan.

#### PERSANTUNAN

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Laboratorium Kimia BRIN yang telah menyediakan data serta Organisasi Riset Penerbangan dan Antariksa untuk mendukung biaya penelitian.

#### 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., & Tutino, M. (2014). *Atmospheric Deposition: Sampling Procedures, Analytical Methods, and Main Recent Finding from the Scientific Literature*. Hindawi Publishing Corporation *Advances in Meteorology*, Volume 2014. DOI: 10.1155/2014/161730.
- Bahera, S.N., Sharma, M., Aneja, V.P., & Balasubramanian, R. (2013). *Ammonia in the atmosphere: a review on emission sources, atmospheric chemistry and deposition on terrestrial bodies*. *Environ Sci Pollut Res Int*, 20(11):8092-131. DOI: 10.1007/s11356-013-2051-9.
- Carnelos, D., Pineiro, G., & Jobbagy, E. (2024). *Rainout and Washout Contributions to Wet Atmospheric Deposition in Southern South America*. *Water Air and Soil Pollution*. 235:187. DOI: 10.1007/s11270-024-06991-z.
- Greenfelt, P., Engleryd, A., Forsius, M., Hov, O., Rodhe, H., & Cowling, E. (2020). *Acid Rain and Air Pollution: 50 Years of Progress in Environmental Science and Policy*. *Ambio* 2020, 49:849-864. DOI: 10.1007/s13280-019-01244-4.
- Han, Z.S., Liu, H.N., Yu, B., & Wang, X.Y. (2023). *The Effects of Coastal Local Circulations and Their Interactions on Ozone Pollution in the Hangzhou Metropolitan Area*. *Urban Climate* 48. DOI: 10.1016/j.uclim.2023.101417.
- Indrawati, A., Tanti D.A., Budiwati T., & Sumaryati. (2019). *The Distribution of Rainwater Acidity in Bandung*. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 303:012037. DOI: 10.1088/1755-1315/303/1/012037.
- Kumar, P. J.S., James, E.J., & Lakshmanan, E. (2013). *Assessment of Hydrochemistry and Groundwater in the Coastal Area of South Chennai, India*. *Arabian Journal of Geosciences*. DOI: 10.1007/s12517-013-0940-3.
- Lo, M.M., Benfodda, Z., Molinie, R., & Meffre, P. (2024). *Volatile Organic Compounds Emitted by Flowers: Ecological Roles, Production by Plants, Extraction, and Identification*, *Plants* 2024, 13,417. DOI: 10.3390/plants13030417.
- Mohajan, H.K. (2019). *Acid Rain is a Local Environment Pollution but Global Concern*. *Open Science Journal of Analytical Chemistry*, 3(5):47-55.
- Payus, C.M., Jikilim, C., & Sentian, J. (2020). *Rainwater chemistry of acid precipitation occurrences due to long-range transboundary haze pollution and prolonged drought events during southwest monsoon season: climate change driven*, *Heliyon* 6. DOI: 10.1016/j.heliyon.2020.e04997.
- Prakash, J., Agrawal, S.B., & Agrawal, M. (2023). *Global Trends of Acidity in Rainfall and Its Impact on Plants and Soil*. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 23:398-419. DOI: 10.1007/s42729-022-01051-z.
- Rubright, S.L.M., Pearce, L.L., & Peterson, J. (2017). *Environmental Toxicology of hydrogen Sulfide. Nitric oxide: biology and chemistry*, 71, 1-13. DOI: 10.1016/j.niox.2017.09.011.
- Sapek, A. (2013). *Ammonia Emission from Non-Agricultural Sources*. *Journal of Environmental Studies*, Vol.22, No.1, 63-70.
- Shen, Y., Liu, J., Chen, Z., Yang, M., Shu, L., Gai, C., & Jiang, Y. (2024). *Influence of Wind Flows on Surface  $O_3$  Variation over a Coastal Province in Southeast China*. *Atmosphere* 2024, 15,262. DOI: 10.3390/atmos15030262.
- Vlasov, D., Chubarova, N.Y., Shinkareva, G., & Kasimov, N.S. (2021). *Daily Variations in Wet Deposition And Washout Rates of Potentially Toxic Elements In Moscow During Spring Season*.
- Wondyfraw, W. (2014). *Mechanisms and Effects of Acid Rain on Environment*. *Journal of Earth Science & Climatic Change*. 5:6. DOI: 10.4172/2157-7617.1000204.

- Wu, D., Hu, Y., Liu, Y., & Zhang, R. (2021). *Review of Chloride Ion Detection Technology in Water*. *Journal of Applied Sciences*, 11,11137. DOI: 10.3390/app112311137.
- Yim, S.H.L., Gu, Y., Shapiro, M.A., & Stephens, B. (2019). *Air Quality and Acid Deposition Impacts of Local Emissions and Transboundary Air Pollution in Japan and South Korea*. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 19. DOI: 10.5194/acp-19-13309-2019.
- Yu, Q., Ge, X., Zheng, H., Xing, J., Duan, L., Lv, D., Ding, D., Dong, Z., Sun, Y., Maximilian, P., Xie, D., Zhao, Y., Zhao, B., Wang, S., Mulder, J., Larssen, T., & Hao, J. (2024). *A Probe into The Acid Deposition Mitigation Path in China over The Last Four Decades and Beyond*. *National Science Review*, Volume 11, Issue 4. DOI: 10.1093/nsr/nwae007.
- Yu, R., Lin, Y., Zou, J., Dan, Y., & Cheng, C. (2021). *Review on Atmospheric Ozone Pollution in China: Formation, Spatiotemporal Distribution, Precursors and Affecting Factors*. *Journal of Atmosphere* 2021,12,1675. DOI: 10.3390/atmos12121675.