

## ABSTRAK

### KUALITAS DAN IDENTIFIKASI SUMBER PENCEMAR DEPOSISI BASAH DI WILAYAH BANDUNG

Oleh  
**Nia Yuniarti Hasan**  
**NIM: 35313004**  
**(Program Studi Doktor Teknik Lingkungan)**

Depositi basah merupakan proses penghilangan polutan udara secara alami bersama hujan, salju atau kabut yang kemudian sampai ke permukaan bumi. Penelitian kualitas dan identifikasi sumber pencemar deposisi basah terutama konsentrasi logam berat di wilayah Bandung penting dilakukan, karena air hujan merupakan salah satu indikator dampak pencemaran udara di suatu wilayah perkotaan baik dari sumber alami maupun antropogenik yang terjadi pada skala lokal maupun transpor jarak jauh. Penelitian ditujukan untuk menganalisis kualitas air hujan, identifikasi sumber pencemar deposisi basah, serta menghitung indeks kualitas air hujan di wilayah Bandung.

Pemantauan deposisi basah di Indonesia telah dilakukan oleh EANET (*East Asia Acid Deposition Network*) pada 5 (lima) stasiun pemantau termasuk di Bandung. Di dalam penelitian ini dilakukan pemantauan dan analisis kualitas deposisi basah dengan menganalisis karakteristik deposisi basah pada tahun 2016 dan 2017. Penelitian dilakukan dengan mengumpulkan sampel air hujan mingguan secara *bulk* di 4 (empat) lokasi yaitu (1) wilayah Lembang (1.202 m dpl), (2) wilayah Coblong (803 m dpl), (3) wilayah Sumur Bandung (742 m dpl), dan (4) wilayah Buah Batu (642 m dpl). Analisis sampel air hujan yaitu pH, konsentrasi ion utama ( $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ , dan  $\text{NH}_4^+$ ) serta konsentrasi logam berat (As, Cd, Cr, Pb, dan Zn). Selain itu juga dilakukan analisis data sekunder historis EANET tahun 2003–2015, serta analisis data primer hasil penelitian di wilayah Bandung tahun 2016–2017 pada 4 (empat) lokasi yang berbeda di wilayah Bandung. Hasil penelitian dapat dipergunakan sebagai bahan pertimbangan dalam pengelolaan pencemaran udara dan kemanfaatan air hujan di wilayah Bandung.

Kualitas deposisi basah di Bandung tahun 2003–2015 berdasarkan hasil analisis data EANET menunjukkan rentang *Precipitation Weighted Mean* (PWM) pH 4,93–5,46 dengan konsentrasi PWM ion tertinggi nss- $\text{SO}_4^{2-}$  dan  $\text{NH}_4^+$ . Beban deposisi tahunan tertinggi berdasarkan data EANET setiap tahun adalah  $\text{SO}_4^{2-}$  (29,65–37,86 kg/Ha/tahun),  $\text{NO}_3^-$  (15,66–37,98 kg/Ha/tahun), serta  $\text{NH}_4^+$  (5,96–23,42 kg/Ha/tahun). Analisis tren menunjukkan peningkatan PWM pH dan konsentrasi PWM  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ , dan  $\text{Mg}^{2+}$  ( $P < 0,05$ ), serta peningkatan  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Na}^+$ , dan  $\text{K}^+$  ( $P > 0,05$ ) setiap tahun di Bandung.

Hasil analisis menunjukkan konsentrasi PWM ion dominasi oleh  $\text{SO}_4^{2-}$  dan  $\text{NH}_4^+$  serta PWM logam Pb dan Zn. Proses netralisasi air hujan didominasi oleh ammonium dibandingkan dengan kalsium dan magnesium, kecuali di wilayah Lembang didominasi oleh kalsium. Kontribusi sumber alami dari laut dengan konsentrasi tertinggi adalah ion klorida di wilayah Lembang. Beban deposisi basah terbesar di wilayah Bandung adalah sulfat (33,38–74,64 kg/Ha) dan ammonium (15,39–18,43 kg/Ha).

Variabilitas secara spasial di 4 (empat) lokasi sampling ditunjukkan oleh ion  $\text{nss-SO}_4^{2-}$ ,  $\text{ss-NO}_3^-$ ,  $\text{nss-NO}_3^-$ ,  $\text{nss-Ca}^{2+}$ ,  $\text{ss-Mg}^{2+}$ ,  $\text{nss-K}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ , dan Cr, sedangkan ion  $\text{ss-SO}_4^{2+}$ ,  $\text{ss-Cl}^-$ ,  $\text{nss-Cl}^-$ ,  $\text{H}^+$ ,  $\text{Na}^+$ , As, Cd, Pb, dan Zn tidak menunjukkan perbedaan konsentrasi secara spasial. Analisa korelasi menunjukkan adanya hubungan yang signifikan antara ion-ion yang berasal dari sumber yang sama yaitu sumber alami garam laut ( $\text{Na}^+$  dengan  $\text{ss-Cl}^-$ ,  $\text{ss-SO}_4^{2-}$ ,  $\text{ss-Ca}^{2+}$ ,  $\text{ss-Mg}^{2+}$ , dan  $\text{ss-K}^+$ ), sumber alami debu tanah ( $\text{nss-Ca}^{2+}$  dengan  $\text{nss-SO}_4^{2-}$ ,  $\text{nss-Mg}^{2+}$ , serta  $\text{nss-K}^+$ ), sumber antropogenik pembakaran bahan bakar fosil dan pembuangan limbah domestik ( $\text{nss-SO}_4^{2-}$  dengan  $\text{nss-NO}_3^-$  dan  $\text{NH}_4^+$ ), serta sumber emisi kendaraan bermotor dan industri (Cr dan Cd serta Zn dan Pb).

Analisis identifikasi sumber pencemar deposisi basah di wilayah Bandung berdasarkan data pengamatan di 4 (empat) lokasi di wilayah Bandung adalah sumber garam laut, sumber pencemar antropogenik, dan sumber debu tanah. Sumber antropogenik lainnya terdeteksi berasal dari kegiatan industri (As, Cd, dan Cr), pembakaran biomassa ( $\text{nss-Cl}^-$ ,  $\text{H}^+$ , dan  $\text{nss-K}^+$ ), serta sumber emisi kendaraan bermotor (Pb). Analisis komponen utama menunjukkan sumber pencemar deposisi basah pada wilayah Lembang adalah 4 (empat) faktor utama, wilayah Coblong adalah 5 (lima) faktor utama, wilayah Sumur Bandung adalah 6 (enam) faktor utama serta wilayah Buah Batu adalah 5 (lima) faktor utama.

Kualitas air hujan di 4 (empat) lokasi di wilayah Bandung menunjukkan air hujan tercemar ringan dan tercemar sedang berdasarkan parameter-parameter hasil analisis indeks kualitas air. Pemanfaatan air hujan harus mempertimbangkan parameter kualitas yang tidak memenuhi persyaratan yaitu nilai pH dan konsentrasi logam berat (As, Cd, Cr, Pb, dan Zn) yang tidak memenuhi kriteria mutu air berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Pemanfaatan air hujan oleh masyarakat khususnya di wilayah perkotaan memerlukan analisis terhadap kualitasnya serta pengolahan yang sesuai terlebih dahulu.

Kata kunci: logam berat, deposisi basah, kualitas air hujan, indeks kualitas air

## ABSTRACT

### **WET DEPOSITION QUALITY IN BANDUNG AREA AND IDENTIFICATION OF ITS POLLUTANT SOURCES**

By

**Nia Yuniarti Hasan**

**NIM: 35313004**

**(Doctoral Program in Environmental Engineering)**

*Wet deposition is the scavenging process of pollutants, naturally transport to Earth's surface with rain, snow or fog. The Monitoring of wet deposition in Indonesia has been carried out by EANET (East Asia Acid Deposition Network) on 5 (five) monitoring stations including in Bandung. Wet deposition quality research, especially the concentration of heavy metals in the Bandung area was needed because rainwater was an indicator of impact local and long-range transport emission natural and anthropogenic air pollutant in an urban area. Research of wet deposition quality in Bandung area were aimed at an analysis of characteristics and identification of its pollutant sources in Bandung area. This study analyzed historical secondary data of EANET in 2003–2015, and primary data from research results in the Bandung area in 2016–2017 at 4 (four) different locations in the Bandung area. The research can be used for air quality management consideration in the Bandung area.*

*Rainwater characterization in Bandung area was conducted using bulk rainwater samples in 4 (four) site: (1) Lembang area (1.202 m asl), (2) Coblong area (803 m asl), (3) Sumur Bandung area (742 m asl), and (4) Buah Batu area (642 m asl) during 2016 and 2017. Rainwater sample analysis were pH, ions ( $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ , and  $\text{NH}_4^+$ ), and heavy metal concentration (As, Cd, Cr, Pb, dan Zn).*

*The quality of wet deposition in Bandung in 2003–2015 (EANET) showed the Precipitation Weighted Mean (PWM) range of pH 4.93–5.46 with the highest PWM concentration of major ions nss- $\text{SO}_4^{2-}$  and  $\text{NH}_4^+$ . The highest wet deposition load in Bandung were  $\text{SO}_4^{2-}$  (29,65–37,86 kg/Ha/year),  $\text{NO}_3^-$  (15,66–37,98 kg/Ha/year), and  $\text{NH}_4^+$  (5,96–23,42 kg/Ha/year). Trend analysis showed that PWM pH and PWM  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ , dan  $\text{Mg}^{2+}$  ( $P < 0,05$ ), also  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Na}^+$ , and  $\text{K}^+$  ( $P > 0,05$ ) towards increasing trend every year in Bandung,*

*The result of study show PWM composition of rainwater concentration was dominated by  $\text{SO}_4^{2-}$  and  $\text{Ca}^{2+}$  ions also Pb and Zn. The process of neutralization of rainwater was dominated by ammonium rather than calcium and magnesium, except in the Lembang area was dominated by calcium. The highest natural source contribution from the sea salt was chloride ions in the Lembang area. The highest*

wet deposition flux in the Bandung area were sulfate (33,38–74,64 kg/Ha) and ammonium (15,39–18,43 kg/Ha).

Spatial variability was showed for ion  $nss-SO_4^{2-}$ ,  $ss-NO_3^-$ ,  $nss-Ca^{2+}$ ,  $ss-Mg^{2+}$ ,  $nss^-$ ,  $K^+$ ,  $NH_4^+$ , and Cr, while  $ss-SO_4^{2-}$ ,  $ss-Cl^-$ ,  $nss-Cl^-$ ,  $H^+$ ,  $Na^+$ , As, Cd, Pb, and Zn were not showing spatial differences. Correlation analysis showed a significant correlation between ions from the same source were the sea salt ( $Na^+$  with  $ss-Cl^-$ ,  $ss-SO_4^{2-}$ ,  $ss-NO_3^-$ ,  $ss-Ca^{2+}$ ,  $ss-Mg^{2+}$ , and  $ss-K^+$ ), soil dust ( $nss-Ca^{2+}$  with  $nss-Mg^{2+}$ ,  $nss-K^+$ ), anthropogenic activities from fossil fuel combustion and domestic wastewater ( $nss-SO_4^{2-}$  with  $nss-NO_3^-$  and  $NH_4^+$ ) and other anthropogenic sources from vehicle emission and industrial emission (Cr and Cd, also Zn and Pb).

Identification of rainwater of pollutants analysis in Bandung area based on observational data in 4 (four) locations were sea salt, anthropogenic pollutant, and soil dust. Other anthropogenic sources from industrial activities (As, Cd, and Cr), biomass combustion and motor vehicle emissions. Principal component analysis shows that pollutants sources of wet deposition in the Lembang area are 4 (four) main factors, the Coblong area was 5 (five) main factors, the Sumur Bandung area was 6 (six) main factors and Buah Batu area was 5 (five) main factors.

Rainwater quality in 4 (four) locations in Bandung area showed lightly polluted and moderate polluted quality based on the parameters in the water quality index analysis. Rainwater utilization must consider the quality parameters that do not meet the requirements of the pH value and the concentration of heavy metals (As, Cd, Cr, Pb, and Zn) that do not meet the water quality criteria under Government Regulation No. 82 in 2001 about Management of Water Quality and Water Pollution Control. Rainwater harvesting for urban community requires a rainwater quality analysis and primary appropriate treatment.

*Keywords: heavy metals, wet deposition, rainwater quality, water quality index*