

PEMANTAUAN DAMPAK DEPOSISI ASAM TERHADAP KUALITAS PARAMETER KIMIA DI SITU PATENGGANG BANDUNG (*MONITORING OF THE ACID DEPOSITION IMPACT ON CHEMICAL PARAMETER QUALITY IN SITU PATENGGANG - BANDUNG*)

Retno Puji Lestari¹, Yuyu Sofia², Ricky Nelson¹, Resi Gifrianto¹ dan Emalya Rachmawati³

¹P3KLL-KLHK, Kawasan PUSPIPTEK, Serpong 15310, T/F 021-7560981, emc_acdep@yahoo.com

²Puslitbang Sumber Daya Air, Jl. Ir. H. Juanda No 193 Bandung 40135, T/F 022-2501554/2500163

³Direktorat Pengendalian Pencemaran Udara, Ditjen PPKL-KLHK Jl. DI Pandjaitan Kebon Nanas, Jakarta

Diterima tanggal 3 Juli 2019, disetujui tanggal 23 Okt 2019

ABSTRAK

Kajian mengenai perairan darat yang berhubungan dengan isu deposisi asam di Situ Patenggang telah dilakukan oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air (PSDA) dan Pusat Penelitian dan Pengembangan Kualitas dan Laboratorium Lingkungan (P3KLL) sejak tahun 1999. Tujuan kegiatan ini adalah untuk mengetahui dampak deposisi asam terhadap kualitas parameter kimia di Situ Patenggang pada 2010-2017. Situ Patenggang yang berlokasi di Rancabali – Ciwidey, Kabupaten Bandung merupakan salah satu dari dua lokasi pemantauan permukaan darat di Indonesia. Pemantauan berkelanjutan dibutuhkan untuk mengumpulkan data dasar dan untuk mengevaluasi kondisi terkini. Prosedur sampling, analisis, dan jaminan sistem mutu pengujian mengacu pada Panduan Teknis untuk Permukaan Darat dari *The Acid Deposition Monitoring in East Asia* (EANET). Parameter kualitas air seperti pH, temperatur, konduktivitas, transparansi, alkalinitas, oksigen terlarut, kation NH_4^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , dan anion SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^- diujikan di dalamnya. Hasil kajian menunjukkan bahwa selama 2010-2017, pH rerata Situ Patenggang adalah 7,6 dengan variasi dari 6,7 sampai 8,1, nilai konduktivitas dan alkalinitas rerata masing-masing adalah 6,73 mS/m dan 0,44 meq/L. Konsentrasi ion-ion dominan dalam perairan Situ Patenggang adalah SO_4^{2-} sebesar 7,4 mg/L, Ca^{2+} sebesar 5,7 mg/L, Na^+ sebesar 3,6 mg/L dan Cl^- sebesar 2,3 mg/L. Selama pengamatan, dampak deposisi asam di perairan Situ Patenggang belum ditemukan secara nyata.

Kata kunci: Perairan darat, deposisi asam, pH, Situ Patenggang.

ABSTRACT

Study of inland aquatic related to acid deposition issue in Situ Patenggang were conducted by Research Center for Water Resources (PSDA) and Research and Development Center for Environmental Quality and Laboratory (P3KLL) since 1999. The aim of study was to observe acid deposition impact on chemical parameters quality of Situ Patenggang in 2010-2017. Situ Patenggang located in Rancabali - Ciwidey district, Bandung area, is one of two sites for inland monitoring in Indonesia. Continuous monitoring is needed to compile baseline data and to evaluate the current situation. Field sampling, sample analysis, and QA/QC procedures were referring to the Technical Manual for Inland Aquatic Environment of The Acid Deposition Monitoring in East Asia (EANET). Parameters of water quality such as pH, temperature, conductivity, transparency, alkalinity, dissolved oxygen, cations of NH_4^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , and anions of SO_4^{2-} , NO_3^- , and Cl^- were measured. The result showed that during 2010-2017, average pH of Situ Patenggang was 7,6, varied from 6,7 to 8,1, average conductivity and alkalinity were 6,73 mS/m dan 0,44 meq/L, respectively. The concentration of dominant ions in Situ Patenggang area were 7,4 mg/L of SO_4^{2-} , 5,7 mg/L of Ca^{2+} , 3,6 mg/L of Na^+ and 2,3 mg/L of Cl^- . During investigation, the impact of acid deposition in Situ Patenggang was not clearly found.

Keywords: Inland aquatic, acid deposition, pH.

I. PENDAHULUAN

Deposisi asam merupakan salah satu isu lingkungan akibat pencemaran udara yang terjadi akibat peningkatan penggunaan bahan bakar fosil. Senyawa pencemar pembentuk deposisi asam adalah SO₂ (sulfur dioksida) dan NO_x (oksida-oksida nitrogen) [1, 2]. SO₂ dan NO_x bila bereaksi dengan air hujan akan menghasilkan senyawa yang bersifat asam, dan jatuh ke bumi sebagai deposisi asam [2]. Jika beban kritis deposisi atmosfer sudah terlampaui, maka hal tersebut dalam mempengaruhi komponen ekosistem [3]. Apabila jatuh pada permukaan darat (*inland aquatic*) atau danau akan mengganggu perkembangbiakan makhluk hidup di dalamnya [4, 5]. Pada tahap ekstrim, asidifikasi perairan akibat deposisi asam berpotensi memusnahkan mikroorganisme yang membutuhkan nutrisi untuk kelangsungan hidupnya [6]. Revolusi industri di masa silam memberikan dampak negatif terhadap lingkungan, salah satunya menyebabkan kerusakan ekologi akibat proses asidifikasi air permukaan di Skandinavia dan Amerika Utara [7]. Selain itu terjadi pula penurunan konsentrasi Ca²⁺ di danau Shield Kanada yang berdampak pada musnahnya mikroorganisme secara perlahan [8].

Di Asia Timur, proses industrialisasi telah meningkatkan jumlah emisi polutan di udara dan berpotensi menimbulkan dampak terhadap perairan darat. Pemantauan secara kontinyu di badan air, perairan darat beserta flora dan fauna akuatik dibutuhkan untuk mendapatkan data dasar perairan darat dan mengevaluasi situasi yang terjadi. Pemantauan juga dilakukan untuk mendeteksi kemungkinan adanya dampak deposisi asam terhadap perairan darat [9].

Indonesia berpartisipasi dalam jejaring pemantauan deposisi asam di Indonesia – *The Acid Deposition Monitoring Network in East Asia* (EANET) yang bertempat di Niigata Jepang. Selain melakukan kegiatan

pemantauan pencemaran udara, deposisi basah, dan deposisi kering, EANET juga berkoordinasi guna membentuk jaringan yang melakukan pemantauan dampak deposisi asam pada perairan darat, vegetasi, dan tanah [9]. Pemantauan deposisi asam pada perairan darat di Indonesia, salah satunya adalah melakukan pemantauan di Situ Patenggang Bandung. Kajian pemantauan ini merupakan bagian dari kerjasama jaringan EANET yang dilakukan oleh PSDA dan P3KLL sejak tahun 1999. Kegiatan ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh deposisi asam terhadap kualitas air di Situ Patenggang – Bandung.

Situ Patenggang merupakan perairan yang terletak di kaki Gunung Patuha, Desa Patenggang, Kecamatan Rancabali, Kabupaten Bandung. Situ Patenggang saat ini dimanfaatkan sebagai lahan rekreasi alam [10]. Kawasan ini terletak antara 07°10'00"-07°15'00" LS dan 107°15'00"-107°20'20" BT. Situ Patenggang berada dalam kawasan taman wisata alam (TWA) Telaga Patenggang, memiliki obyek wisata danau yang hanya dapat diakses melalui areal yang dikelola PTPN VIII. Balai Besar Konservasi Sumber Daya Alam (BBKSDA) Provinsi Jawa Barat berwenang untuk menjaga keutuhan ekosistem dari dampak wisata yang dilakukan di sekitar danau [11]. Luas kawasan Situ Patenggang adalah seluas 60,79 Ha dengan spesifikasi luas danau seluas 49,50 Ha dan luas taman wisata seluas 11,29 Ha [10].

Pemilihan Situ Patenggang sebagai salah satu danau pantau dilakukan untuk melihat dampak terjadinya deposisi asam di Indonesia. Pemilihan dilakukan berdasarkan kriteria danau alami dengan aktifitas antropogenik yang minimal [9], di samping mempertimbangkan kemudahan akses dan efisiensi kegiatan. Kriteria pemilihan lokasi untuk pemantauan dampak deposisi asam terhadap perairan darat menurut EANET adalah danau harmoni dengan kedalaman

≤10 m, luas sekitar 1 hektar, memiliki alkalinitas dan konduktivitas rendah, serta permukaan danau bebas dari tanaman akuatik [9]. Apabila danau yang dimaksud tidak tersedia maka mata air, bendungan, sungai dengan potensi pencemar rendah dapat dipilih [9].

II. METODOLOGI

1. Lokasi Pemantauan

Sampling dilakukan di Situ Patenggang dengan jumlah 3 (tiga) sampel di 3 (tiga) titik dengan koordinat sebagai berikut : Titik 1 (S:07°09'59.9" E:107°21'23.0"), Titik 2 (S:07°09'58.7" E:107°21'35.8"), dan Titik 3 (S: 07°09'54.5" E: 107°21'18.9")..

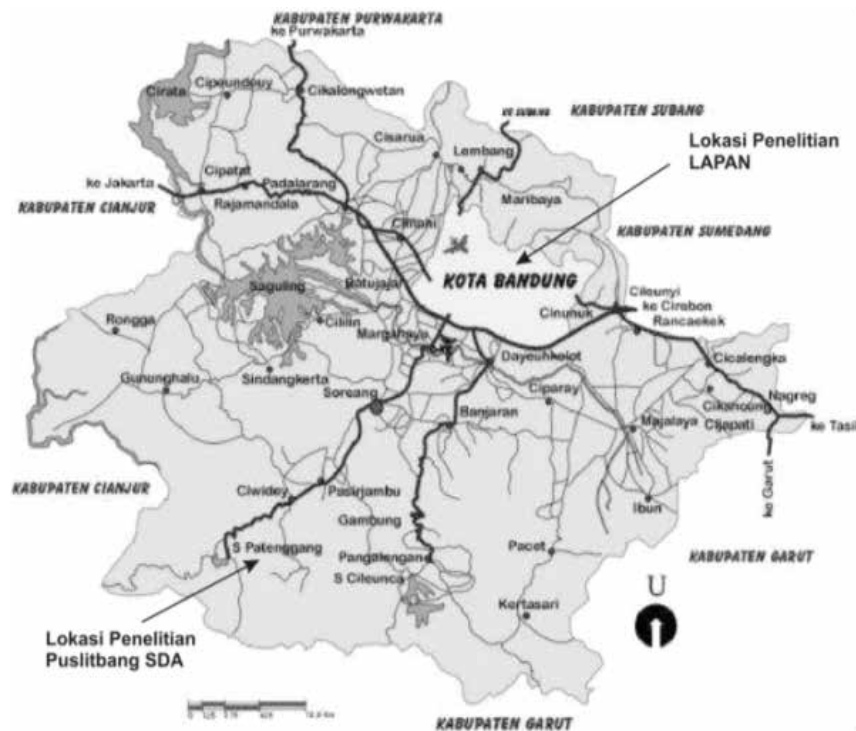
Kawasan Situ Patenggang secara geografis berada pada ketinggian antara 1600–1700 m dan memiliki topografi bergelombang dengan sudut kemiringan 5–30% (antara datar sampai curam). Menurut kategorisasi iklim Schmidt dan Ferguson, area ini termasuk ke dalam jenis

iklim B dengan curah hujan 1.200 mm/tahun. Curah hujan tertinggi terjadi antara bulan September - Januari, sementara curah hujan terendah pada bulan Maret –Juli setiap tahunnya [13].

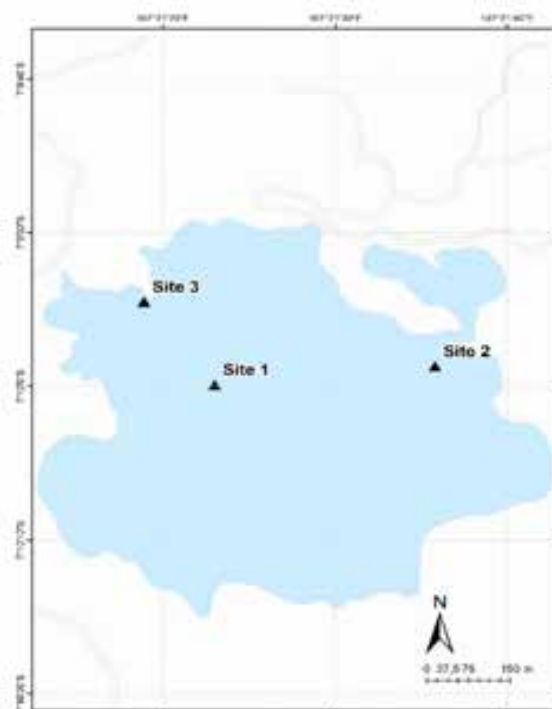
2. Sampling dan Pengujian

2.1. Sampling

Sampling di Situ Patenggang dilakukan secara kontinyu selama periode 2010-2017 sebanyak 4 (empat) kali dalam setahun. Metode pengambilan sampel adalah *grab sampling*, dimana sampel air diambil menggunakan *polyethylene bucket*. Dilakukan pengujian di lapangan (*on site*) untuk parameter pH, daya hantar listrik (DHL), oksigen terlarut atau (*dissolved oxygen*), suhu, kecerahan, dan warna air. Sebanyak 500 mL sampel masing-masing dimasukkan ke dalam dua botol polietilen berbeda untuk parameter alkalinitas dan ion-ion, kemudian dibawa ke laboratorium untuk pengujian kimia selanjutnya. Sampel air dimasukkan ke dalam botol polietilen



Gambar 1. Sketsa Titik Pemantauan di Wilayah Bandung (sumber: PSDA) [12]



Gambar 2. Sketsa Lokasi Sampling di Situ Patengan

tanpa perlakuan untuk parameter alkalinitas, sementara sampel untuk parameter ion disaring menggunakan kertas saring GF Filter 1 μm 47 mm yang telah dipanaskan di oven selama 2 jam. Sampel kemudian disimpan di *refrigerator* pada suhu 4°C sebelum dilakukan analisis lebih lanjut [9].

2.2 Prosedur pengujian

2.2.1. *pH*. pH diukur secara langsung di lapangan menggunakan pHmeter HORIBA D55 yang dilengkapi elektroda gelas, serta distandardisasi menggunakan larutan penyangga pH 4 and pH 7.

2.2.2. *DHL*. DHL diukur secara langsung di lapangan menggunakan alat konduktivimeter HACH SenseIon5 yang dilengkapi sel konduktivitas, serta dikalibrasi dengan larutan KCl 0,0001 M, 0,0005 M, dan 0,001 M.

2.2.3. *Temperatur*. Temperatur air diukur secara langsung di lapangan menggunakan termometer atau

portable water analysis menggunakan sensor temperatur.

2.2.4. *Kedalaman, transparansi, dan warna*. Kedalaman air diukur menggunakan LCD Digital Sounder Hondex PS-7, transparansi menggunakan *Secchi disk*, sementara warna air diamati secara visual.

2.2.5. *Alkalinitas*. Alkalinitas diukur menggunakan metode titrasi 0.01 M H_2SO_4 menggunakan pHmeter pada titik akhir pH 4.8.

2.2.6. *Ion-ion*. Ion-ion SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^- , Na^+ , NH_4^+ , K^+ , Mg^{2+} dan Ca^{2+} dianalisis menggunakan *Ion Chromatography* (IC) DIONEX ICS 5000 yang dilengkapi suppressor ASRS ULTRA II 2 mm dan CSRS ULTRA II 2 mm, kolom anion IonPac AS12A, dan cation IonPac CS 12A dengan laju alir 1.5 L/menit. NaHCO_3 0.3 mM dan Na_2CO_3 2.7 mM digunakan sebagai eluen anion dan *Methane*

Sulphonic Acid (MSA) 20 mM sebagai eluen kation. Sampel disaring dan diinjeksikan ke instrumen IC. Konsentrasi ion-ion dihitung melalui persamaan dari kurva kalibrasi.

3. Analisis Data

Data hasil pengujian dievaluasi berdasarkan kesetimbangan jumlah anion dan kation yang mengacu pada dokumen *Technical Manual for Inland Aquatic Monitoring in East Asia* [9].

3.1 Kesetimbangan ion (R₁)

Kesetimbangan ion (R₁) dihitung melalui persamaan sebagai berikut:

$$R_1 = \frac{C-A}{(C+A)} \times 100(\%) \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

C : konsentrasi ekivalen kation total (µeq L-1)

A : konsentrasi ekivalen anion total (µeq L-1)

Konsentrasi anion total dihitung dengan menjumlahkan konsentrasi seluruh anion dan alkalinitas, yaitu:

$$A (\mu\text{eq L}^{-1}) = \{c (\text{SO}_4^{2-})/48.03 + c (\text{NO}_3^-)/62.01 + c (\text{Cl}^-)/35.45\} \times 1000 + (\text{ALK})^* \dots$$

Catatan : * Bila ion-ion PO₄³⁻, NO₂⁻, dan lain-lain diukur maka rumusnya ditambah menjadi

$$\{+ c (\text{PO}_4^{3-})/26.32 + c (\text{NO}_2^-)/46.01 + \dots\}.$$

Konsentrasi kation total dihitung dengan menjumlahkan konsentrasi seluruh kation, yaitu:

$$C (\mu\text{eq L}^{-1}) = 10^{(6-\text{pH})} + \{c (\text{NH}_4^+)/18.04 + c (\text{Na}^+)/22.99 + c (\text{K}^+)/39.10 + c (\text{Ca}^{2+})/20.04 + c (\text{Mg}^{2+})/12.16\} \times 1000^* \dots\dots\dots [14]$$

Catatan : * Bila ion-ion Fe²⁺, Mn²⁺ dan lain-lain diukur, maka rumusnya ditambah menjadi

$$\{(+ c (\text{Fe}^{2+})/27.92 + c (\text{Mn}^{2+})/27.47 + \dots\}.$$

Tabel 1. Kriteria R₁(%) Kesetimbangan Ion.

| (C+A) (µeq L ⁻¹) | R1 |
|------------------------------|----|
|------------------------------|----|

| | |
|--------|-----|
| <50 | ±30 |
| 50-100 | ±15 |
| >100 | ±8 |

3.2 Kesesuaian Konduktivitas

Kesesuaian nilai konduktivitas dihitung dengan membandingkan nilai terukur dan nilai yang dikalkulasi menurut perhitungan sebagai berikut:

$$R_2 = ((A_{\text{calc}} - A_{\text{meas}}) / (A_{\text{calc}} + A_{\text{meas}})) \times 100 (\%)$$

Keterangan:

$$A_{\text{calc}} = \{349.7 * 10^{6-\text{pH}} + 80.0 * 2c(\text{SO}_4^{2-}) + 71.4c(\text{NO}_3^-) + 76.3c(\text{Cl}^-) + 73.5c(\text{NH}_4^+) + 50.1c(\text{Na}^+) + 73.5c(\text{K}^+) + 59.5 * 2c(\text{Ca}^{2+}) + 53.0 * 2c(\text{Mg}^{2+})\} / 10000 \dots\dots\dots (4)$$

A_{calc} : konduktivitas yang dihitung (mS m⁻¹)

A_{meas} : konduktivitas terukur (mS m⁻¹)

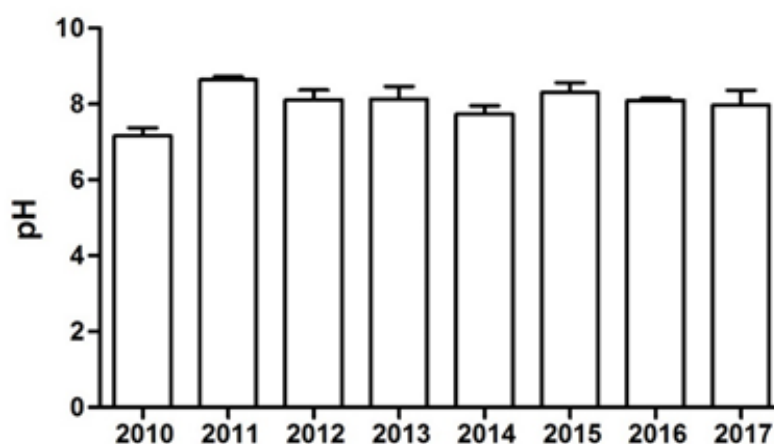
Dimana nilai A_{calc} dihitung melalui rumus:

Tabel 2. Kriteria R₂(%) Perbandingan Konduktivitas

| A _{meas} (mS cm-1) | R2 |
|-----------------------------|-----|
| <0.5 | ±20 |
| 0.5-3 | ±13 |
| >3 | ±9 |

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengujian di lapangan, nilai transparansi bervariasi antara 0,1 – 1,1 m. Transparansi atau kecerahan menunjukkan kejernihan air, pengamatan secara berkala sepanjang tahun terutama pada saat sebelum atau setelah hujan berguna untuk memberikan informasi mengenai masalah limpasan air atau pertumbuhan alga secara berlebih [15]. Di musim penghujan biasanya menghasilkan transparansi yang relatif kecil dan warna danau yang berwarna coklat [16]. Konsentrasi rerata oksigen terlarut atau *dissolved oxygen* (DO) adalah sebesar 8,5 mg/L. DO menunjukkan



Gambar 3. Rerata pH tahunan Situ Patenggang 2010-2017

banyaknya oksigen yang terlarut dalam suatu perairan, yang dipengaruhi oleh organisme fotosintetik dan banyaknya cahaya matahari yang masuk [16].

Rerata pH tahunan Situ Patenggang selama pemantauan dari tahun 2010-2017 adalah 7,6 dengan variasi pH minimum sebesar 6,7 dan pH maksimum sebesar 8,1 [17]. Hasil pemantauan ini tidak berbeda dengan hasil kegiatan yang dilakukan oleh PSDA Bandung periode 1999-2007, pH di Situ Patenggang berkisar antara 7,1 hingga 8,4 dengan rerata pH sebesar 7,8 [12].

Derajat keasaman atau pH merupakan salah satu parameter air yang sangat penting, namun pH tidak dapat digunakan secara langsung untuk menilai kriteria dampak terhadap ekosistem [18]. Hal-hal yang terjadi setelah asam-asam terdeposit di perairan darat akan mempengaruhi derajat keasaman [18]. Nilai pH yang bersifat asam menunjukkan adanya asam-asam kuat dalam larutan tersebut [19]. Nilai pH rendah atau adanya peningkatan asiditas akan mengakibatkan peningkatan kelarutan logam beracun seperti Al^{3+} yang dapat mengganggu keseimbangan ion dalam perairan serta merusak sistem fisiologis organisme perairan [20, 21].

Meskipun pH air hujan di wilayah Bandung (lokasi LAPAN Jl. Pasteur

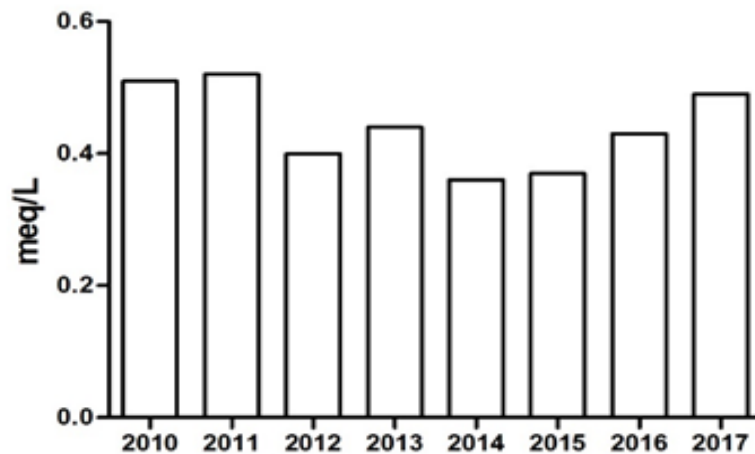
Bandung) menunjukkan adanya potensi deposisi asam dengan $pH < 5,6$ pengaruh deposisi asam di perairan Situ Patenggang melalui parameter pH belum terlihat nyata. Jarak titik pemantauan deposisi basah di LAPAN ke Situ Patenggang berkisar sejauh 52,8 km ke arah Tenggara. pH Situ Patenggang masih berada kisaran normal pH danau atau perairan darat pada umumnya. Kapasitas penyangga (*buffer*) perairan Situ Patenggang masih tergolong baik. Proses asidifikasi dapat dihambat oleh kapasitas penyangga (*buffer capacity*) tanah yang besar dan besarnya konsentrasi alkalinitas di suatu perairan [22].

Suatu perairan yang memiliki pH rendah, umumnya kurang dari 6,0 – 6,5 diklasifikasikan sebagai perairan yang sensitif terhadap asam [23]. pH rendah di perairan danau dan sungai umumnya mengakibatkan penurunan populasi organisme dalam perairan, karena terdapat korelasi kuat antara status populasi makhluk hidup perairan dengan nilai pH [24]. pH suatu perairan memperlihatkan keseimbangan antara asam dan basa dalam air, yang dipengaruhi oleh aktivitas biologi seperti fotosintesis dan respirasi, suhu serta keberadaan ion-ion dalam air [24]. Kandungan asam yang tinggi dalam air telah mengganggu kemampuan ikan dalam menyerap nutrisi,

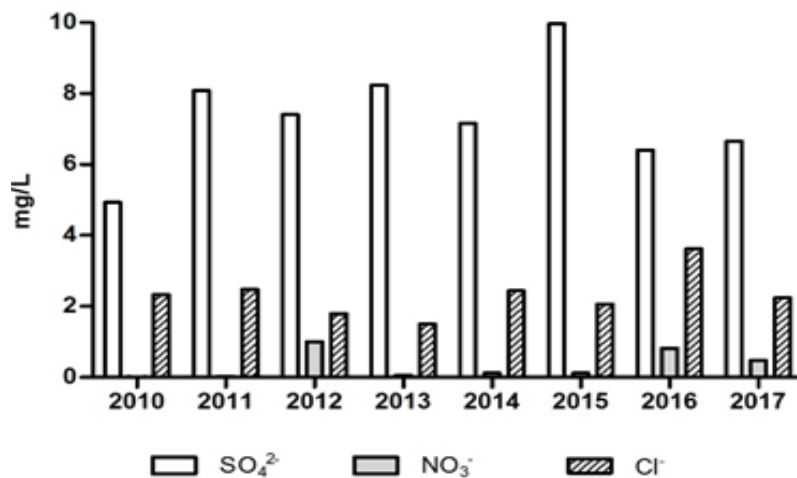
garam dan oksigen. pH rendah cenderung mengakibatkan berkurangnya populasi ikan di danau-danau [25]. $pH \leq 4,5$ menyebabkan kematian organisme karena mengganggu keseimbangan garam dalam jaringan tubuh mikroorganisme [25], sementara $pH \geq 6,0$ akan membantu pertumbuhan populasi ikan [26]. Sebagian besar biota akuatik sensitif terhadap perubahan pH dan dapat hidup dalam suasana pH sekitar 7,0-8,5 [26]. Jorgansen (1995) menyatakan secara teoritis penurunan pH sampai mencapai nilai pH 6,5 dalam air membutuhkan waktu lama, namun pada $pH < 6,5$ akan berlangsung relatif cepat karena terjadi penurunan konsentrasi HCO_3^- [12]. Sensitivitas organisme akuatik

umumnya menunjukkan variasi beragam. Organisme paling sensitif cenderung terdampak apabila $pH < 6,0$ namun organisme yang dapat bertoleransi biasanya masih tetap bertahan pada pH 4,0 [27].

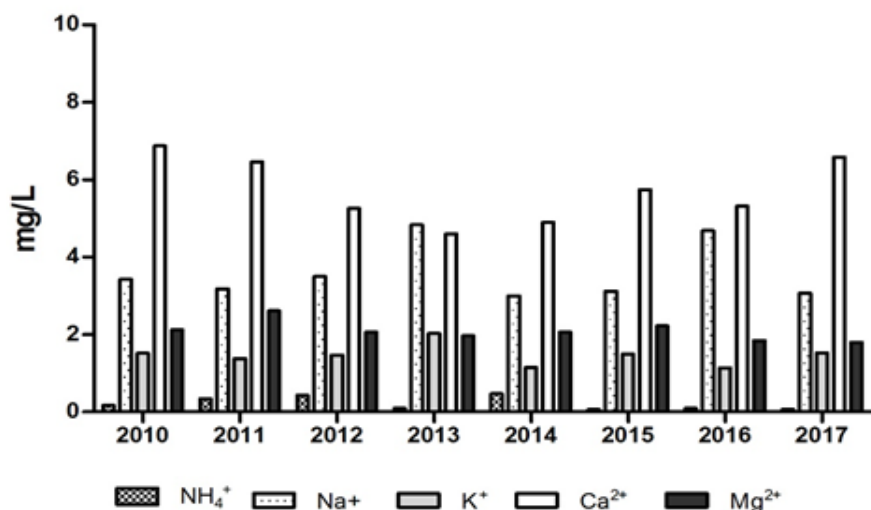
Alkalinitas merupakan suatu kemampuan air untuk menetralkan keasaman perairan. Alkalinitas disebabkan oleh keberadaan garam asam lemah dalam lingkungan yang ekstrim [28]. Parameter alkalinitas merepresentasikan jumlah ion karbonat (CO_3^{2-}) dan bikarbonat (HCO_3^-) yang mengikat logam golongan alkali tanah pada perairan tawar [21]. Terminologi ini juga disebutkan sebagai *Acid Neutralizing Capacity* (ANC) yang digunakan untuk



Gambar 4. Rerata alkalinitas tahunan Situ Patenggang 2010-2017



Gambar 5. Rerata konsentrasi anion tahunan Situ Patenggang 2010-2017



Gambar 6. Rerata konsentrasi kation tahunan Situ Patenggang 2001-2017

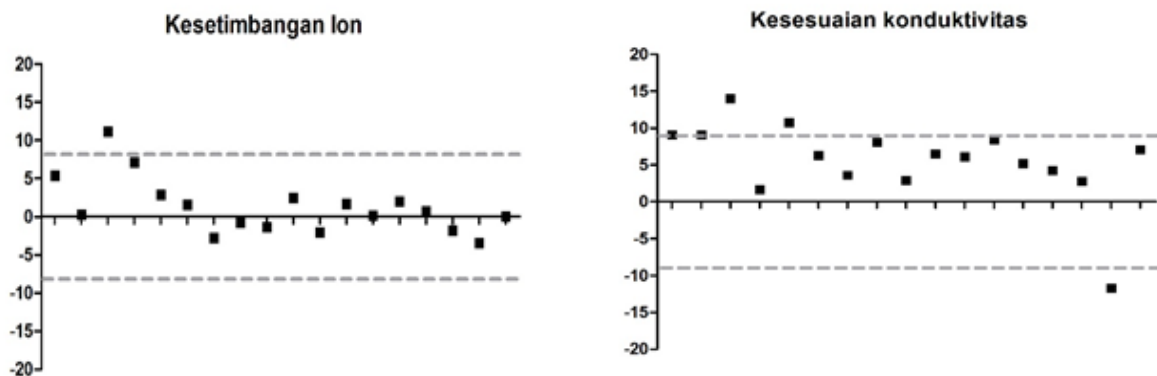
melihat karakter perairan alami [29]. Kedalaman danau berpotensi menyebabkan nilai alkalinitas semakin tinggi. Nilai ini menggambarkan kapasitas air untuk menetralkan asam, yang biasa diartikan sebagai kapasitas penyangga (*buffer capacity*) terhadap perubahan pH [16]. Rerata alkalinitas Situ Patenggang adalah 0,43 meq/L, dengan kisaran antara 0,26 – 0,52 meq/L. Situ Patenggang termasuk dalam perairan lunak (*soft water*) karena memiliki nilai alkalinitas kurang dari 40 mg/L [16].

Hasil analisis menggunakan instrumen kromatografi ion menunjukkan bahwa anion yang dominan adalah SO_4^{2-} dengan konsentrasi rerata sebesar 7,4 mg/L dengan variasi 4.9 – 10.0 mg/L, dan kation dominan Ca^{2+} dengan konsentrasi rerata sebesar 5,7 mg/L dengan variasi 4,6 – 6,9 mg/L. Adapun ion-ion NO_3^- dan NH_4^+ ditemukan relatif sangat kecil. Senyawa SO_4^{2-} , NO_3^- , dan organik yang memiliki potensi asam dinetralkan oleh basa kation seperti Ca^{2+} , Mg^{2+} , dan NH_4^+ dan anion CO_3^{2-} dan HCO_3^- [30].

Di dalam jaminan sistem mutu, prinsip elektroneutralitas dalam suatu sampel air menunjukkan adanya keseimbangan antara total anion dengan total kation,

selain itu juga melihat kesesuaian antara konduktivitas terukur dan konduktivitas terhitung [31]. Dalam kebanyakan perhitungan, suatu data dinyatakan berkualitas apabila memenuhi *Data Quality Objective* (DQO) yang dipersyaratkan. EPA (2006) menyatakan bahwa DQO digunakan untuk mengembangkan kinerja dan kriteria keberterimaan hasil suatu proses analisis. DQO dalam panduan deposisi asam memiliki kriteria akurasi dan presisi sebesar $\pm 15\%$, presipitasi $>90\%$, dan kelengkapan (*completeness*) data $>80\%$ [9]. Evaluasi data pemantauan di Situ Patenggang menunjukkan bahwa hasil pengujian kesetimbangan ion masuk dalam kriteria yang dipersyaratkan pada panduan EANET sebanyak 94% dari total data, sementara untuk kesesuaian konduktivitas sebesar 83%, sehingga kualitas pengujian memenuhi persyaratan jaminan mutu.

Beberapa kemungkinan yang berpengaruh dalam jaminan mutu adalah metode analisis konvensional dan adanya beberapa parameter ion yang tidak teridentifikasi sehingga pengaruh waktu penyimpanan (*holding time*) sampel harus diperhatikan. Pengujian parameter anion dapat dilakukan menggunakan metode



Gambar 7. Jaminan mutu hasil analisis Situ Patenggang

titrimetri maupun spektrofotometri, sementara kation dianalisis menggunakan metode *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS) maupun metode *Induced Couple Plasma* (ICP). Penentuan parameter anion akan lebih akurat bila menggunakan metode *Ion Chromatography* (IC) karena konsentrasi ion-ion dalam perairan relatif rendah [9].

Berdasarkan laporan periodik EANET 2009-2014, proses asidifikasi pada perairan darat di negara-negara anggota EANET belum teridentifikasi secara jelas selama periode 2000-2009, tetapi di beberapa lokasi diketahui memiliki konsentrasi alkalinitas <0,2 meq/L yang rentan terhadap deposisi asam [32]. Duan et al (2016) menyatakan bahwa proses asidifikasi air permukaan juga terjadi di Jepang dan China, namun tingkatnya tidak separah dengan kejadian asidifikasi yang pernah terjadi di Amerika Utara dan Eropa. Tingginya deposisi kation, denitrifikasi, dan adsorpsi SO_4^{2-} menjadi salah satu penyebab sedikitnya asidifikasi di wilayah Asia [3]. Namun demikian pada periode 2009-2014, terjadi tren pH dan alkalinitas yang cenderung menurun dan adanya kenaikan konsentrasi ion SO_4^{2-} dan/atau NO_3^- di Danau Jinyunshan China dan Sungai Komarovka Rusia yang menunjukkan potensi terjadinya asidifikasi di area tersebut [32]. Hal sebaliknya terjadi di Danau Ijira Jepang, yang ditandai dengan terjadinya kenaikan pH dan adanya penurunan ion

NO_3^- yang diindikasikan menunjukkan adanya proses pemulihan dari asidifikasi dan saturasi nitrogen [32].

IV. SIMPULAN

Hasil pemantauan perairan darat di Situ Gunung, Bandung selama tahun 2010 - 2017 tidak menunjukkan adanya dampak deposisi asam yang terlihat secara jelas. Variasi pH selama periode pemantauan berkisar antara 6,7 sampai 8,1 dan keseimbangan ion-ion kimia yang terkandung di dalamnya. Pemantauan berkelanjutan dibutuhkan untuk mengumpulkan data dasar dan untuk mengevaluasi kondisi terkini.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada tim pelaksana sampling air permukaan dari PSDA Bandung (Ibu Yani Sumarriani dan staf laboratorium PSDA) dan tim sampling P3KLL-KLHK Serpong.

DAFTAR PUSTAKA

1. EPA. EPA's Clean Air Markets Acid Rain Program: Overview 2002 [cited 2015 Mei 13].
2. APIS. Acid deposition 2015 [cited 2016 16 October]. Available from: www.apis.uk/overview/pollutants/acid-deposition.
3. Burns DA, Aherne J, Gay DA, Lehmann CMB. Acid rain and its environmental effects: Recent scientific advances. *Atmospheric Environment*. 2016;146:1-4.

4. Bealey WJ, Sheppard LJ, Malcolm H, Cape JN, Davison A, Carvalho L, et al. Acid Deposition UK2014 [cited 2016 Oktober, 11]. Available from: <http://www.apis.ac.uk/overview/pollutants/acid-deposition>.
5. Reuss JO, Johnson DW. Acid deposition and the acidification of soils and waters: Springer Science & Business Media; 2012.
6. Bhateria R, Jain D. Water quality assessment of lake water: a review. *Sustainable Water Resources Management*. 2016;2(2):161-73.
7. Duan L, Yu Q, Zhang Q, Wang Z, Pan Y, Larssen T, et al. Acid deposition in Asia: Emissions, deposition, and ecosystem effects. *Atmos Environ*. 2016;146:55-69.
8. Watmough SA, Eimers C, Baker S. Impediments to recovery from acid deposition. *Atmospheric environment*. 2016;146:15-27.
9. EANET. Technical document for monitoring on inland aquatic environment in East Asia. Niigata: EANET; 2010.
10. Amanta R, Hasan Z, Rosidah. Struktur Komunitas Plankton Di Situ Patengan Kabupaten Bandung, Jawa Barat. *J Perikanan Kelautan*. 2012;3(3).
11. Triana E, Alikodra HS, Sunarminto T, Sudrajat A. Kolaborasi konservasi di kawasan wisata Ciwidey. 2016. 2016;19(3).
12. Brahmana SS, Sumarriani Y. Penelitian Deposisi Asam di Situ Patengan Propinsi Jawa Barat. *J Sumber daya air*. 2009;5(2):137-46.
13. BKSDA. Taman Wisata Alam Telaga Patengan Bandung2017 [cited 2019 10 September]. Available from: http://bbksdajabar.ksdae.menlhk.go.id/wp-content/uploads/2017/08/Profil-Bidwil-2-Fix_skw_3_patengan.pdf.
14. Zinc acetate (T3D0720) [Internet]. The Toxin and Toxin Target Database. 2014. Available from: <http://www.t3db.ca/toxins/T3D0720>.
15. Anonim. Transparency A Water Clarity Measure Madison: University of Winconsin; 2006. Available from: <http://watermonitoring.uwex.edu/pdf/level1/FactSeries-Turbidity.pdf>.
16. Effendi H, K DE, Kusnadi G. Telaga Warna Puncak : Kekayaan alam yang terpendam. Bogor: IPB Press; 2016.
17. EANET. Data Report 2017. Niigata: EANET, 2018.
18. Thepanondh S. A study of wet and dry deposition processes for regional air pollution and atmospheric deposition modeling. Melbourne: Monash University; 2004.
19. Lestari R. Tingkat pencemaran udara berdasarkan parameter deposisi asam. Tangerang Selatan: P3KLL-KLHK, 2016.
20. Farhani N, Rachmawati, E., Budiwati, T., Mulyani, T., Sutamihardja, RTM., Lestari, RP. Status Deposisi Asam di Indonesia Tahun 2001-2008. Tangerang: Pusarpedal. KLH; 2010.
21. Effendi H. Telaah Kualitas Air : Bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan. . Yogyakarta.: Kanisius.; 2003.
22. Suzuki K. Chemistry of stream water in a snowy temperate catchment. *HYDROL PROCESS*. 2003;17(14):2795-810.
23. Sullivan TJ. Aquatic effects of acidic deposition. Boca Raton Florida: CRC Press; 2019.
24. Johnson AH. The National Academy of Sciences Report: Acid Deposition: Trends, Relationships, and Effects. *Environment: Science and Policy for Sustainable Development*. 1986;28(4):6-39.
25. Simon JMC, Hutchinson TC. The Influence of Temperature, Water and Nutrient Conditions during Growth on the Response of Brassica oleracea L. to a Single, Short Treatment with Simulated Acid Rain. *The New Phytologist*. 1987;106(2):251-9.
26. Steve R. Effects of acid rain still linger in Canadian lakes: study2008.
27. Lovett GM, Tear TH. Effects of atmospheric deposition on biological diversity in the Eastern United States. New York: TNC/IES, 2007.
28. Anonim. Alkalinity Washington: Whitman College; [cited 2019]. Available from: https://www.whitman.edu/chemistry/edusolns_software/AlkalinityBackground.pdf.
29. Hemond HF. Acid neutralizing capacity, alkalinity, and acid-base status of natural waters containing organic acids. *Environmental Science & Technology*. 1990;24(10):1486-9.
30. Conradie E, Van Zyl P, Pienaar J, Beukes J, Galy-Lacaux C, Venter A, et al. The chemical composition and fluxes of atmospheric wet deposition at four sites in South Africa. *Atmospheric environment*. 2016;146:113-31.
31. GAW. World Meteorological Organization Global Atmosphere Watch : Manual For The Gaw Precipitation Chemistry Programme 2015.
32. EANET. Third Periodic Report on the State of Acid Deposition in East Asia Part III Executive Summary. Niigata: EANET, 2016.