

PENELITIAN DEPOSISI ASAM DI SITU PATENGAN PROPINSI JAWA BARAT

Simon S. Brahmana¹⁾, Yani Sumarriani²⁾

¹⁾Peneliti, Puslitbang Sumber Daya Air

Jl. Ir.H. Juanda No. 193, Bandung

E-mail : simsgk@yahoo.com

²⁾Pedal Penyelia,, Puslitbang Sumber Daya Air

Jl. Ir.H. Juanda No. 193, Bandung

E-mail : yaniblk@yahoo.com

Diterima : 26 Mei 2009; Disetujui : 23 Juli 2009

Abstract

In order to find out the level of acid deposition especially in West Java's inland water aquatic, and in line with the active participation of the Research Center for Water Resources in the Network for Acid Deposition Monitoring in East Asia, a study was conducted on the degree of inland water aquatic acidity in Lake Patengan from 1999 to 2007. This study was based on descriptive method, observations, including the collection of secondary data and field sampling and sample analysis in the laboratory of the Experimental Station for Water Resources Environment according to the 1996 compendium of Indonesian National Standard (SNI), SNI 2004 and the Acid Deposition Monitoring Network in East Asia (EANET) 2001. Results of study show that from 1999 until 2007, average pH value of each year had increased from 7.7 to 8.3, but from 2002 up to 2007, average pH of water in Lake Patengan had decreased each year from 8.3 to 7.8. In general, the ion balance is still good. From 1999 to 2007, pH in Patengan lake increased from 7.1 to 8.4 with average 7.8 and standard deviation 0.3865. However, acid deposition was not identified by the inland water aquatic conditions at Situ Patengan, West Java, Indonesia.

Keywords: Acid deposition, Inland water aquatic, Lake Patengan.

PENDAHULUAN

1 Latar Belakang

Pertambahan penduduk serta berkembangnya peradaban umat manusia yang diiringi dengan meningkatnya konsumsi bahan bakar fosil, telah memunculkan masalah krisis ekologi besar berupa pencemaran lingkungan skala dunia termasuk di Asia Timur, Indonesia. Pemakaian energi bahan bakar fosil yang meningkat sangat tajam mengakibatkan emisi gas buang sangat besar ke atmosfer. Meningkatnya emisi gas buang ke udara terutama sejak pertengahan abad ke-20 menimbulkan terjadinya perubahan iklim secara global, suhu bumi meningkat dan pencemaran udara.

Emisi gas buang tersebut berbentuk partikel

(debu, aerosol, timah hitam) dan gas: CO, CO₂, NO_x, SO_x, H₂S, hidrokarbon.(Imansyah,2005). Menurut IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) dalam kurun waktu lima puluh tahun kadar CO₂ di dunia meningkat dari 278 mg/L menjadi 379 mg/L (Anonim, 2008).

Senyawa NO_x dan SO_x bila bereaksi dengan air hujan akan menghasilkan HNO₃ dan H₂SO₄ yang bersifat asam dan jatuh ke bumi yang dikenal dengan deposisi asam. Deposisi asam tersebut menyebabkan gangguan terhadap perairan, kerusakan tanaman, korosi bangunan, seperti yang terjadi di Eropa Utara, Amerika Utara awal abad ke 20 (Jorgansen, 1995)

Dampak hujan asam terhadap perairan adalah mengganggu pengaturan keseimbangan ion pada perairan. Keseimbangan ion ini sangat penting bagi organisme yang hidup di air untuk mempertahankan tekanan osmosa yang terjadi

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan berdasarkan metode deskriptif yaitu meliputi survey, pengumpulan data primer dan sekunder. Pengumpulan data primer, dilakukan dengan pengambilan contoh air. Pengujian parameter : pH, Suhu, DO, DHL dan Alkalinitas dilakukan di lapangan dan yang lainnya di laboratorium Balai Lingkungan Keairan. Pengujian dilakukan berdasarkan kumpulan SNI 1996, 2004 ; Technical Manual or Monitoring on Inland Aquatic Monitoring, Anonim 2000 dan Standard Method APHA AWWA edisi ke 21 (Anonim 2005).

1 Pengumpulan data sekunder

Data sekunder yang diperlukan dalam penelitian ini, antara lain berupa: peta lokasi, data lingkungan, pH air hujan di area penelitian dan sebagainya. Data diperoleh dari berbagai sumber dan literatur yang antara lain berasal dari beberapa instansi terkait misalnya: LAPAN, BMKG Bandung, Balai Konservasi Sumber Daya Alam, Bandung.

2 Pengambilan contoh di lapangan

Pengambilan contoh air di Situ Patengan dilakukan dari tahun 1999 s.d 2007. Setiap tahun dilakukan 2 hingga 5 kali pengambilan contoh air, di hulu, tengah, hilir situ bergantung dana yang tersedia. Pengambilan contoh air mewakili musim hujan dan kemarau dengan jumlah 66 contoh.

3 Pengujian contoh di laboratorium

Pengujian contoh dilakukan di laboratorium Lingkungan Keairan Puslitbang SDA Bandung meliputi parameter: derajat keasaman atau pH (25 °C), daya hantar listrik (25 °C), anion SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^- , dan kation NH_4^+ , Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}

Dari hasil pengujian kualitas air di hulu, tengah, hilir hasilnya di rata-ratakan.

Jenis dan metode pengujian serta peralatan yang digunakan di laboratorium, dapat dilihat

pada Tabel 1 sebagai berikut :

Tabel 1 Daftar Jenis dan Metode Pengujian serta peralatan yang digunakan di Lab. Lingkungan Keairan

No	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Alat
1.	pH	Elektro-metrik	pH meter, Jenway
2.	Daya hantar listrik	Elektro-metrik	Conductometer, Jenway
3	Alkalinitas	Titration	Buret dan pH meter, Jenway
4.	SO_4^{2-} , NO_3^- , NH_4^+	Turbidimetrik UV, Indophenol	Spektrofotometer
5.	Cl^-	Argentometrik	Titration/Buret 50 mL
6.	Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}	SSA	Spektrofotometer Serapan Atom

Sumber : (Anonimous, 2000)

4 Evaluasi data

Data yang diperoleh dari hasil pengujian parameter pH, alkalinitas, DHL, SO_4^{2-} , NO_3^- , NH_4^+ , Cl^- , Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} selama periode 1999 – 2007 digunakan untuk quality control (QC) yaitu menghitung nilai keseimbangan dan uji korelasi antara kation dan anion terhadap parameter pH. Adapun metode perhitungan keseimbangan ion adalah sbb: Perhitungan keseimbangan (Anonim, 2000).

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

$$R_2 = 100 \frac{(DHL_{Hit} - DHL_{Ukur})}{(DHL_{Hit} + DHL_{Ukur})} \dots\dots\dots 2)$$

dimana:

$$C(\mu eqL^{-1}) = 10^{(6-pH)} + c(NH_4^+) + c(Na^+) + c(K^+) + c(Ca^{2+}) + c(Mg^{2+})$$

$$A(\mu eqL^{-1}) = \{(SO_4^{2-}) + c(NO_3^-) + c(Cl^-) + (Alkalinitas)\}$$

DHL_{ukur} (mS/m) = Daya Hantar Listrik hasil pengukuran

$$DHL_{Hit} (\mu S cm^{-1}) = 349,7 \times 10^{3-pH} +$$

$$\left\{ \begin{array}{l} 80,0xc(SO_4^{2-}) + 71,5xc(NO_3^-) + 76,3xc(Cl^-) + 73,5xc(NH_4^+) \\ + 50,1xc(Na^+) + 73,5xc(K^+) + 59,8xc(Ca^{2+}) + 53,3x(Mg^{2+}) + \\ 44,5x(Alkaliniti) \end{array} \right\}$$

1000

- c = konsentrasi ion di dalam kurung dengan satuan $\mu eq L^{-1}$ dengan nilai konstan
- Alkaliniti dinyatakan sebagai ion bikarbonat (HCO_3^-)

Persyaratan untuk nilai keseimbangan ion dapat dilihat pada Tabel 2 dan 3.

Tabel 2 Daftar Keseimbangan antara jumlah Kation dan Anion dengan R

No	(Kation + Anion) $\mu eq L^{-1}$	R ₁
1	< 50	± 30
2	50 - 100	± 15
3	> 100	± 8

Sumber: (Anonim, 2000)

Tabel 3 Daftar Keseimbangan Antara DHL_{ukur} dengan R₂

No	DHL _{ukur} (mS cm^{-1})	R ₂
1.	< 0,5	± 20
2.	0,5 - 3	± 15
3.	> 3	± 9

Sumber: (Anonim, 2000)

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil penelitian, maka dapat diperoleh data sebagai berikut:

1 Gambaran umum lokasi penelitian

Lokasi penelitian terletak di Situ Patengan, Ciwidey, berjarak ± 60 km selatan kota Bandung

pada posisi koordinat 07° 10' 2,6" S dan 106° 55' 24,4" E. Luas situ 60 Ha, dengan kedalaman situ antara 2,0 m hingga 9,2 m. Ketinggian muka air sekitar 1524,9 m dpl. Volume air rata-rata 5,0 juta m³, volume air situ maksimum 5,3 juta m³ pada ketinggian muka air 1526 m dpl dan volume air minimum 4,80 juta m³ (Anonim 2001).

2 Hasil Pengujian dan Pembahasan

a) Parameter pH

Derajat keasaman atau pH merupakan salah satu sifat kimia air yang cukup penting. Nilai pH air dapat mempengaruhi kegunaan dari air tersebut, baik untuk irigasi, perikanan, pertanian dan juga keperluan – keperluan yang lain. Air yang masih alami biasanya bersifat netral dan nilai pHnya sekitar 7. Perairan tawar dikatakan sudah mengalami deposisi asam bila nilai pH airnya <5,6 (Jorgansen, 1995 ; Sutamihardja 2006). Nilai pH yang sangat rendah atau yang sangat tinggi pada air menunjukkan adanya kelainan dari air tersebut. Nilai pH air yang rendah mengakibatkan kelarutan logam makin tinggi, keseimbangan ion terganggu dan merusak sistem fisiologis organisme, bakteri, ikan, dan hewan lain (Sutamihardja, 2006)

Hasil pengukuran pH air Situ Patengan yang dilakukan dari tahun 1999 hingga tahun 2007 berkisar antara 7,1 pada hingga 8,4 dengan pH rata-ratanya 7,8, standard deviasinya 0,386 (Gambar 2).

Apabila ditelusuri lebih lanjut fluktuasi pH air di Situ Patengan dari 1999 sampai 2007 dapat dibagi atas beberapa periode. Periode November 1999 s/d Agustus 2001, sebagai berikut:

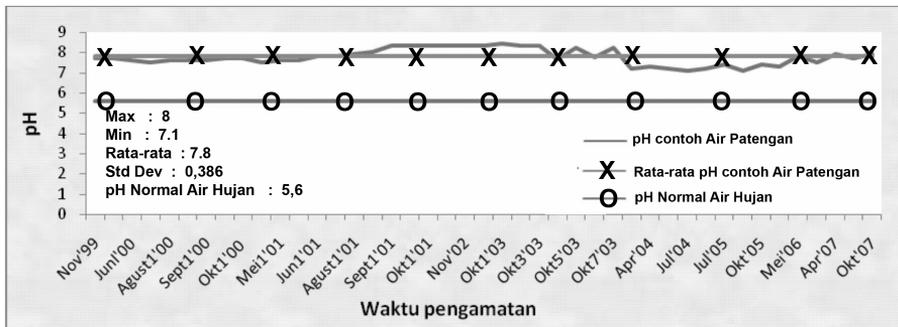
Nilai rata rata pH dari November 1999 sampai Agustus 2001 berkisar antara 7,8 – 8,0. Periode September 2001 s/d Oktober 2003, pH air mengalami peningkatan dari 8,1 sampai 8,3, dan pada April 2004 sampai Mei 2006, mengalami penurunan. Kemudian pada Mei 2006 mengalami kenaikan. Rata-rata pH selama periode Nov 1999 s/d Oktober 2007 = 7,8. (Gambar 2). Adanya fluktuasi pH tersebut tidak terlepas dari deposisi asam yang bersumber dari pencemaran udara di daerah Bandung yang merupakan daerah industri dan padat penduduk serta kualitas air hujan yang sudah tercemar, yaitu dengan pH air hujan berkisar 4,5 – 5,2 selama periode 2001-2006. (Djuanda, 2005; Budiwati, 2006 ;2007)

Menurut teori, penurunan pH sampai pH 6,5 pada air membutuhkan waktu yang lama, akan tetapi setelah pH dibawah 6,5 penurunan pH sangat cepat. Hal ini disebabkan oleh menurunnya konsentrasi alkalinitas air dalam bentuk HCO_3^- (Jorgansen 1995).

Dari hasil pengukuran pH di Situ Patengan, pengaruh deposisi asam akibat pencemaran udara masih belum nyata, akan tetapi tanda atau trend-nya sudah terlihat dari hasil pengukuran pH airnya sejak 1999 - 2007 seperti sudah diterangkan

diatas.

Dari hasil kajian pH kualitas air situ Patengan, sejak 1999-2007 nilai pH situ tersebut masih lebih besar dari 5,6 atau dengan kata lain masih belum terpengaruhi oleh deposisi asam. Hal ini disebabkan oleh karena sistem bufernya masih baik sehingga tidak dapat menurunkan pHnya, walaupun pH air hujan di Bandung sudah lebih kecil dari 5,6, bahkan beberapa kali pengukuran lebih kecil dari nilai 5,6 (Anonim 2008; Budiwati, 2006; 2007).



Gambar 2 Fluktuasi parameter pH di Situ Patengan tahun 1999 s.d 2007

b) Keseimbangan Ion

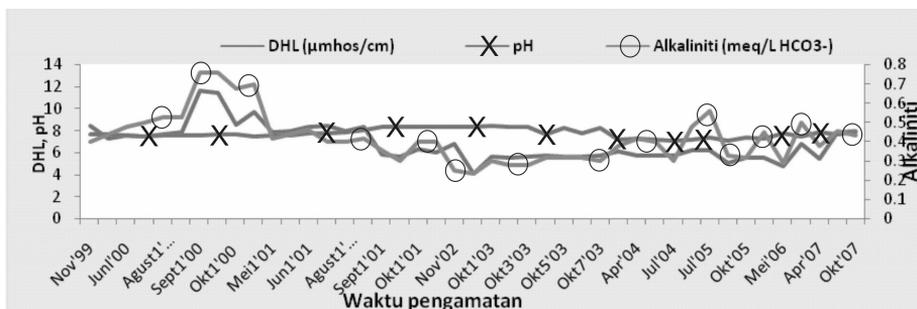
Salah satu indikator untuk mengetahui adanya pengaruh deposisi asam yang sangat kuat terhadap perairan selain dari penurunan pH adalah pengujian keseimbangan ion.

Dalam rangka mengetahui nilai keseimbangan ion di lokasi penelitian telah dilakukan pengujian parameter pH, daya hantar listrik, alkalinitas, anion SO_4^{2-} , Cl^- dan NO_3^- dan kation Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , NH_4^+ dengan menggunakan rumus pada sub bab 2.5. Evaluasi data oleh EANET 2001 mempersyaratkan bahwa

bila jumlah kation dan anion lebih besar dari 100 $\mu\text{eq/L}$, maka nilai $R_1 = \pm 8$ dan bila DHL_{ukur} lebih besar dari 3 mS/m, maka $R_2 = \pm 9$ (Tabel 2, 3) (Anonim, 2000).

Kadar anion dan kation di Situ Patengan dari tahun 1999 sampai dengan 2007, adalah sebagai berikut:

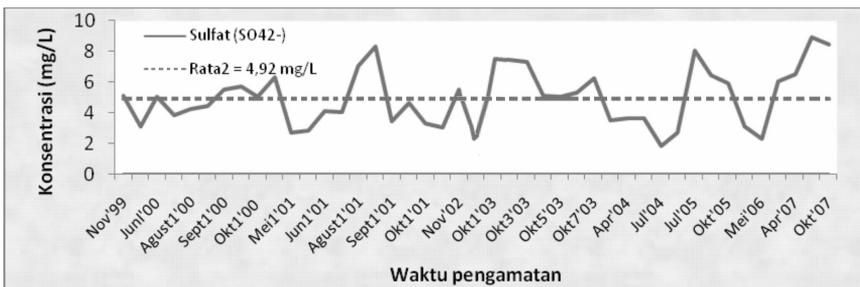
Nilai DHL berkisar dari 4,13 sampai dengan 11,6 mS/m, rata - ratanya 6,89 mS/m. Nilai alkalinitas berkisar antara 0,236 sampai dengan 0,76 meq/L HCO_3^- , rata - ratanya 0,42 meq/L HCO_3^- , lebih besar dari 0,2 meq/L HCO_3^- (Gambar 3)



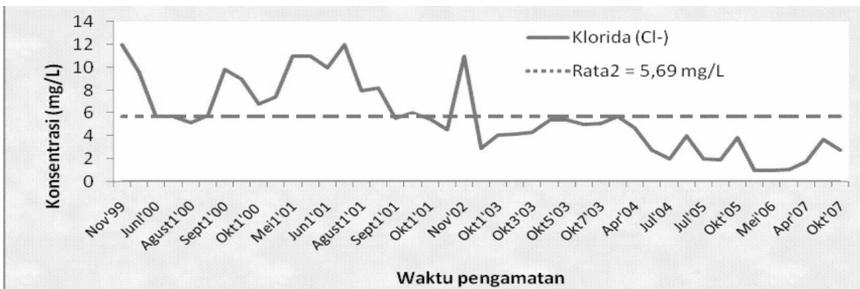
Gambar 3 Fluktuasi parameter pH, DHL dan Alkalinitas di Situ Patengan 1999 s.d 2007

Kandungan SO_4 berkisar antara 2,0 - 8,9 mg/L, rata-ratanya 4,92 mg/L (Gambar 4). Kandungan Cl^- berkisar dari 1,0 - 12 mg/L, rata-ratanya 5,69 mg/L (Gambar 5). Kandungan NO_3^- berkisar dari tidak teramati sampai dengan 0,73 mg/L, rata-ratanya 0,14 mg/L (Gambar 6). Kandungan Na^+ berkisar antara 0,94 - 9,30 mg/L, rata-ratanya 4,62 mg/L. Kandungan K^+ berkisar antara 0,30 - 1,98 mg/L, rata-ratanya 0,95 mg/L (Gambar 7). Kandungan Ca^{2+} berkisar antara 2,60 - 9,00 mg/L, rata-ratanya 5,72 mg/L. Kandungan Mg^{2+} berkisar antara 1,00 - 4,60 mg/L, rata-ratanya 2,23 mg/L. Kandungan NH_4^+ berkisar antara 0,006 - 0,700 mg/L, rata-ratanya 0,267 mg/L, (Gambar 8).

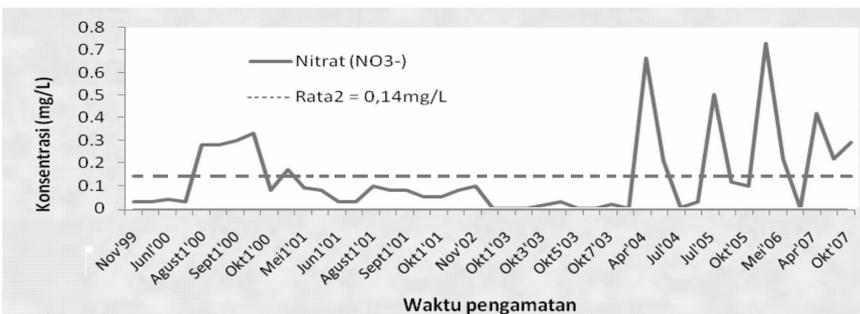
Hasil penelitian yang dilakukan di Situ Patengan sejak tahun 1999 s.d 2007, parameter DHL lebih besar dari 3 mS/m dan ini disebabkan oleh garam-garam anorganik yang larut dalam air dan nilai untuk R_1 berkisar dari -5,51 - 4,54. Nilai R_2 berkisar dari 1,84 - 8,93. (Gambar 9). Jumlah kation dan anion di lokasi penelitian pada umumnya lebih besar dari 100 $\mu\text{eq/L}$. Hal ini menunjukkan bahwa di lokasi penelitian nilai R_1 dan R_2 masih seimbang, yang berarti airnya belum dipengaruhi oleh deposisi asam, sesuai kriteria EANET, (Anonim 2000).



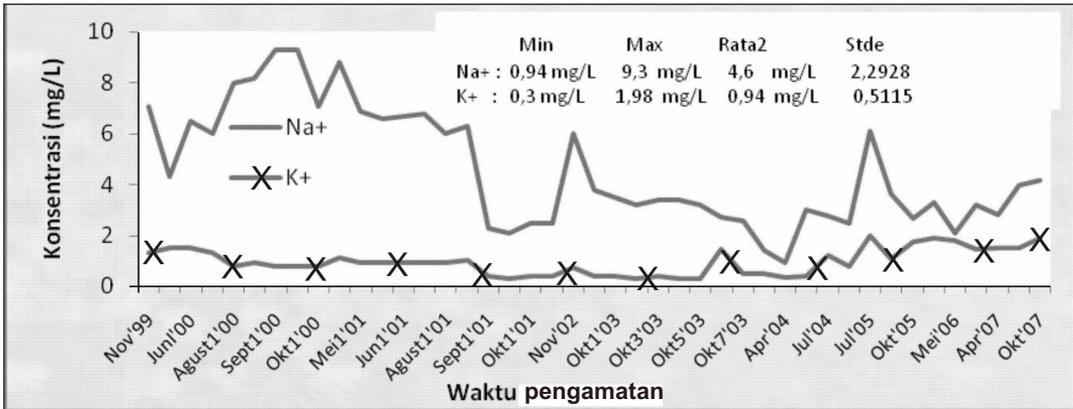
Gambar 4 Fluktuasi parameter SO_4 di Situ Patengan 1999 s.d 2007



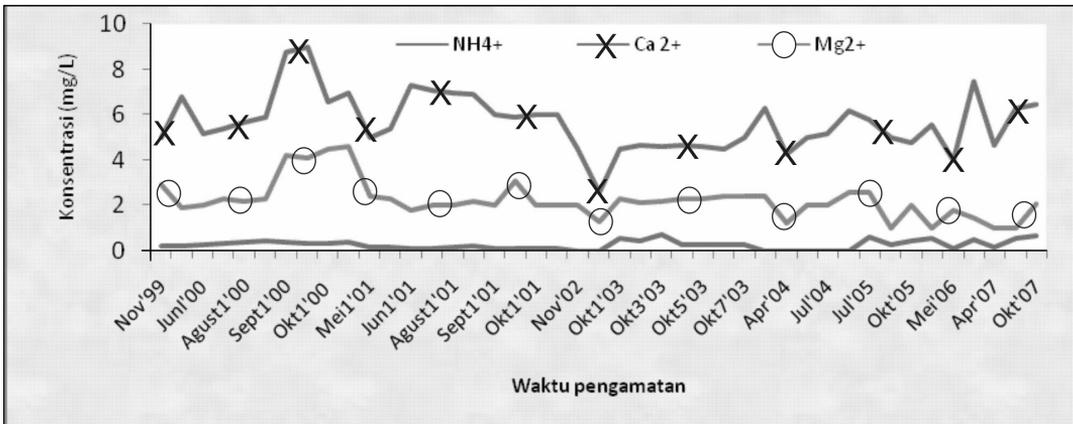
Gambar 5 Fluktuasi parameter Cl^- di Situ Patengan 1999 s.d 2007



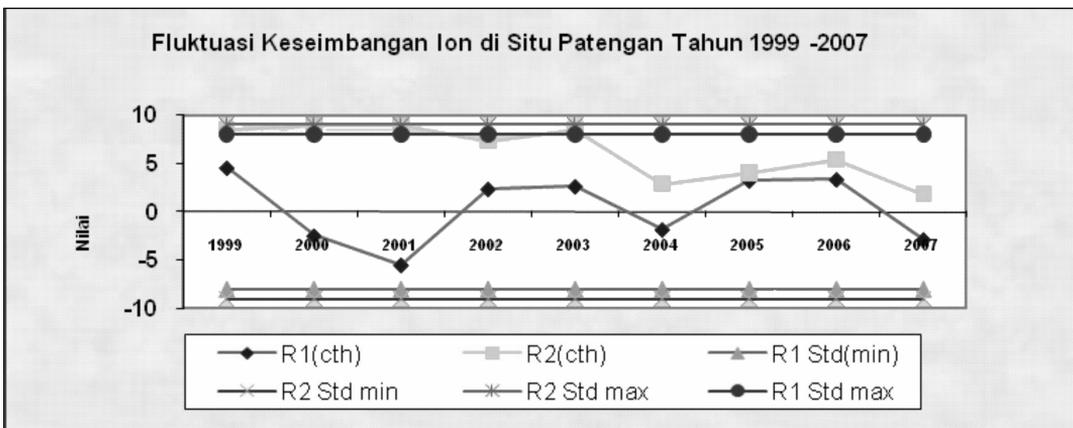
Gambar 6 Fluktuasi parameter NO_3^- di Situ Patengan 1999 s.d 2007



Gambar 7 Fluktuasi parameter Na⁺, K⁺, di Situ Patengan 1999 s.d 2007



Gambar 8 Fluktuasi parameter NH₄⁺, Ca²⁺, Mg²⁺di Situ Patengan 1999 s.d 2007



Gambar 9 Fluktuasi Keseimbangan Ion (R₁ , R₂) di Situ Patengan 1999 s.d 2007

c) Hasil Uji Korelasi

Uji korelasi telah dilakukan antara variabel pH dengan alkalinitas, DHL, kation dan anion. Uji korelasi antara parameter tersebut dimuat pada Tabel 4.

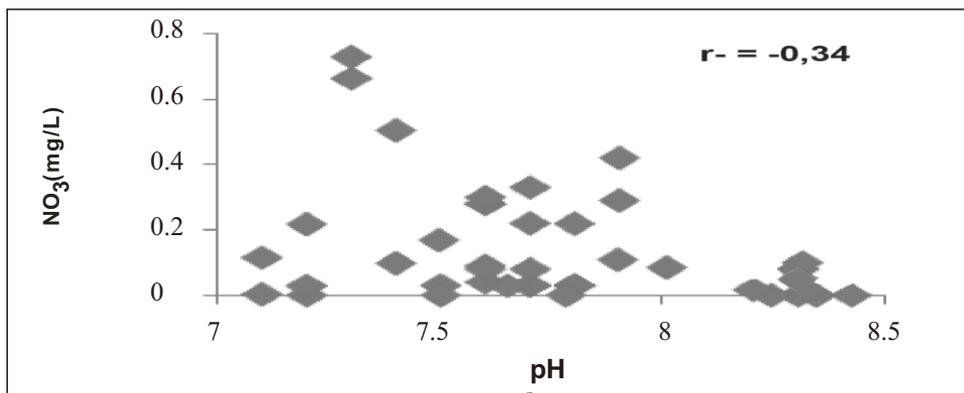
Dari Tabel tersebut hampir semua parameter (alkalinitas, kation dan anion) tidak mempunyai korelasi yang kuat terhadap pH. Parameter yang mempunyai korelasi yang kuat adalah DHL dengan alkalinitas, DHL dengan klorida, DHL dengan Natrium, dengan nilai $r = 0,6 - 0,85$ (Tabel 4). Parameter lain koefisien korelasinya (r) sangat rendah yaitu $< 0,2$.

Pada Gambar 10 dan 11 diperlihatkan hubungan korelasi antara pH dengan NO_3 , kemudian antara DHL dengan alkalinitas. Nilai koefisien korelasi (r) antara pH dengan NO_3 mempunyai $r = -0,34$. Hal ini menunjukkan bahwa

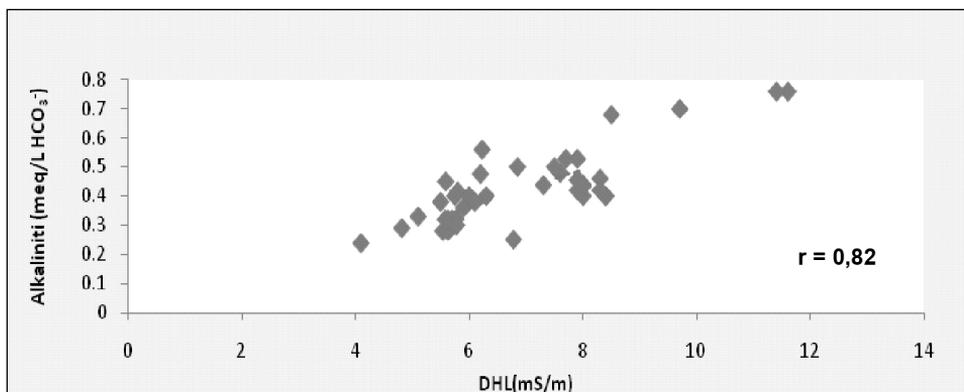
pengaruh NO_3 terhadap pH tidak begitu kuat atau tidak ada korelasi. Hubungan korelasi antara alkalinitas dengan DHL cukup kuat dengan nilai $r = 0,82$.

Korelasi NO_3 dengan pH yang tidak kuat menunjukkan bahwa pengaruh deposisi asam terhadap kualitas air di Situ Patengan khususnya NO_3 dan SO_4 belum nyata, walaupun ada deposisi asam selama pengkajian dari 1999 – 2007, (Gambar 2). Hal ini diperkuat dengan masih terjadinya keseimbangan anion dan kation selama periode kajian dari tahun 1999 sampai 2007, (Tabel 2).

Adanya deposisi asam di daerah Bandung dibuktikan dengan pH air hujan yang sudah sering dibawah pH 5,6 seperti hasil penelitian Budiwati tahun 2006; dan 2007)



Gambar 10 Hubungan NO_3 dengan pH di Situ Patengan 1999 s.d 2007



Gambar 11 Hubungan Alkalinitas dengan DHL di Situ Patengan 1999 s.d 2007

Tabel 4 Koefisien Korelasi antara pH dengan DHL, Alkaliniti Anion, Kation di Situ Patengan

Parameter	DHL	pH	Alkaliniti	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
DHL	1										
pH	-0.154	1									
Alkaliniti	0.821	0.385	1								
Sulfat (SO ₄ ²⁻)	0.230	0.175	0.127	1							
Nitrat (NO ₃ ⁻)	0.101	0.344	0.365	0.090	1						
Klorida (Cl ⁻)	0.651	0.153	0.256	0.066	0.268	1					
Ammonium (NH ₄ ⁺)	0.157	0.078	0.248	0.664	0.226	0.266	1				
Natrium (Na ⁺)	0.851	0.113	0.703	0.162	0.083	0.618	0.212	1			
Kalium (K ⁺)	0.132	0.438	0.220	0.207	0.345	0.214	0.364	0.160	1		
Kalsium (Ca ²⁺)	0.799	0.186	0.758	0.238	0.089	0.372	0.133	0.514	0.1256	1	
Magnesium (Mg ²⁺)	0.631	0.004	0.633	0.101	0.129	0.434	0.101	0.561	0.1649	0.477	1

KESIMPULAN DAN SARAN

1 Kesimpulan

Kajian pengaruh deposisi asam di Situ Patengan telah dilakukan dengan mengevaluasi data kualitas air dari tahun 1999 - 2007. Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Periode November 1999 - Agustus 2001 parameter derajat keasaman (pH) di Situ Patengan, berkisar antara 7,8 - 8,0. Periode September 2001 - Oktober 2003 nilai pH berkisar 8,1 - 8,3. Periode Oktober 2003 - April 2007, pH mengalami penurunan dengan nilai pH 7,7-7,9. Secara keseluruhan pada periode 1999-2007 nilai pH adalah 7,1 s.d. 8,4 dengan rata rata 7,8 sedangkan standard deviasinya 0,3865.
- Adanya fluktuasi pH di perairan Patengan disebabkan oleh deposisi asam yang jatuh ke situ Patengan, arah angin, besarnya emisi zat pencemar yang diproduksi oleh industri di wilayah kota Bandung dan Kabupaten Bandung, curah hujan, kelarutan batuan, kualitas air dari *run off* dan sebagainya.

- Perubahan nilai pH di Situ Patengan tidak terlampau besar, dan nilainya masih diatas pH 5,6. Hal ini menunjukkan bahwa pengaruh deposisi asam belum begitu nyata, walaupun emisi NO₃, SO_x cukup besar dari wilayah industri kota

Bandung dan Kabupaten Bandung

- Keseimbangan antara ion SO₄⁻, Cl⁻ dan NO₃⁻ dengan kation Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, NH₄⁺ masih baik di perairan Situ Patengan.
- Keseimbangan ion (R₁, R₂) lokasi penelitian pada umumnya masih memenuhi syarat sesuai kriteria EANET untuk perairan yang belum tercemar oleh deposisi asam.

2 Saran

- Untuk mengikuti trend terjadinya perubahan kualitas air khususnya parameter derajat keasamannya (pH), di Situ Patengan maka perlu dilakukan pemodelan emisi deposisi asam.
- Penelitian pengaruh deposisi asam terhadap biota air seperti plankton, ikan perlu dilakukan selain terhadap kimia air, dan fisika air.
- Perlu dilakukan upaya pengendalian atau minimalisasi

pencemaran udara dari sumber- sumber pencemar seperti industri, transportasi, penggunaan bahan bakar yang ramah lingkungan, melakukan penghijauan, dan teknologi daur ulang limbah padat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada semua pihak yang telah mendukung penelitian ini terutama kepada para Peneliti dan analis Balai Lingkungan Keairan, Puslitbang Air, Prof. Dr. RTM Sutamihardja (Institut Pertanian Bogor) dan Dra. Novy Fathoni (Pusarpedal - Serpong Tangerang).

DAFTAR PUSTAKA

- 1 Anonim, 1981; *Pemetaan Situasi dan Pengukuran Bathymetrik Danau Patengan di Jabar, Danau Sarangan di Jatim.*
- 2 Anonim, 2005; *Standard Methods for Examination of Water and Waste water. Pencemaran Udara*, 19th Edition. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation., Washington DC 2005.
- 3 Anonim, 2000; *Technical Manual for Monitoring on Inland Aquatic Environment in East Asia*, The Network Center for Acid Deposition Monitoring Network in East Asia (EANET) Niigata, Japan.
- 4 Anonim, 2000; *Penelitian Dampak Acid Deposition terhadap Sistem Lingkungan Sumber Daya Air Telaga dan Danau Alamiah* Laporan Teknis Puslitbang Sumber Daya Air, Balitbang Dep.Pekerjaan Umum. 60 hal.
- 5 Anonim, 2008; *Dampak Perubahan Iklim Global terhadap Ketahanan Penyediaan Sumber Daya Air dan Pembangunan Prasarana Air Minum di Indonesia.* Makalah pada Workshop Masa Depan Sektor Air minum dan Antisipasi Ketahanannya terhadap Perubahan Iklim Global, Jakarta 10-11 April 2008.
- 6 Budi Imansyah S, 2005; *Hujan Asam, Hujan yang Tercemar* Pikiran Rakyat, 1 Desember 2005
- 7 Fukuhara, H. 2004; *Textbook Fundamental Limnology for Inland Aquatic Environment Monitoring Acidification.* Second Edition, March 2004. The Network Center for Acid Deposition Monitoring Network in East Asia, (EANET) Niigata, Japan.
- 8 Jorgensen, S.E 1995; *Guidelines of Lake Management*, Vol 5, Management of Lake Acidification. International Lake Environment Committee Programme, UNEP-UNO, Nairobi Kenya.
- 9 Isa Karmisa 2007; *Kualitas Udara di Indonesia dan Dampaknya Terhadap Lingkungan dan Kesehatan*. Makalah Seminar Nasional Kualitas udara dan dampaknya terhadap perubahan Iklim Jakarta ,31 Mei 2007.
- 10 Liana Bratasida 2006; *Dampak Hujan Asam terhadap Lingkungan*. Makalah Seminar Hasil pemantauan Deposisi Asam di Indonesia , Jakarta, 17 Juni 2006. Pusarpedal - Deputi VII KLH.
- 11 Nurlaini Djuanda, 2005; *Bandung Sudah Terkena Hujan Asam Harian* Pikiran Rakyat, Bandung 26 Agustus 2005.
- 12 Sudomo Moestikahadi 2001; *Kumpulan Karya Ilmiah Mengenai Pencemaran Udara*, Penerbit , Institut Teknologi Bandung.
- 13 Sutamihardja, 2006; *Proses Terjadinya Hujan Asam*, Makalah Seminar Hasil Pemantauan Deposisi Asam di Indonesia, Jakarta 17 Juni