

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/316470859>

Simulasi Peningkatan Konsentrasi NO_3^- , Cl^- , Dan NH_4^+ Dalam Air Sumur Akibat Hujan Asam Di Wilayah Industri Citeureup Bogor

Article · June 2013

CITATIONS

0

READS

746

2 authors:



Ani Iryani

Universitas Pakuan

21 PUBLICATIONS 156 CITATIONS

SEE PROFILE



Sutanto Latif

11 PUBLICATIONS 8 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Pemanfaatan Ampas Teh Sebagai Adsorben [View project](#)



Converte Hydrophilic to Hydrophobic materials [View project](#)

Simulasi Peningkatan Konsentrasi NO_3^- , Cl^- , Dan NH_4^+ Dalam Air Sumur Akibat Hujan Asam Di Wilayah Industri Citeureup Bogor

Ani Iryani* dan Sutanto

Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Pakuan

Jalan Pakuan, Ciheuleut, Bogor 16144.

E-mail: ani_iryani62@yahoo.co.id

ABSTRAK

Telah terjadi hujan asam di wilayah industri Cibinong-Citeureup-Gunung Putri Kabupaten Bogor. Hujan asam di wilayah industri Citeureup Bogor mengandung sejumlah polutan yang dapat meresap kedalam tanah dan masuk ke sumur, sehingga mempengaruhi kualitas air sumur. Telah dilakukan percobaan simulasi untuk mempelajari pengaruh konsentrasi ion NO_3^- , NH_4^+ dan Cl^- dalam air hujan buatan terhadap konsentrasi ion-ion tersebut dalam air lindi sebagai representasi air sumur. Percobaan dilakukan pada kolom pelindi paralon PVC diameter 3 inchi, tinggi 130 cm. Kolom diisi tanah dari Citeureup Bogor dengan teknik "undisturb". Kolom dimasukkan ke dalam tanah perlahan hingga kedalaman mencapai setinggi kolom. Di laboratorium, kolom dialiri 3 katagori air hujan buatan A; B; dan C, masing-masing mengandung ketiga ion tersebut. Konsentrasi nitrat air hujan buatan bervariasi: 10; 20; dan 30 mg/l; konsentrasi klorida: 13,5; 18; dan 23,00 mg/l; konsentrasi amonium: 2,0; 4,0; dan 6,0 mg/l. Air hujan buatan dialirkan dari bawah keatas (*ascending*). Air yang keluar dari kolom (air lindi) disampling pada liter ke 5, 10, 15, dan 20. Masing-masing diukur konsentrasi ketiga ion tersebut. $[\text{NO}_3^-]$ ditentukan dengan metoda brucin-sulfat; $[\text{NH}_4^+]$ dengan metoda indofenol biru secara spektrofotometri UV-VIS, dan Cl^- ditentukan dengan titrasi argentometri cara Mohr. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hubungan konsentrasi nitrat dalam air hujan dengan konsentrasi nitrat dalam air lindi sangat kuat, mengikuti persamaan: $[\text{NO}_3^-]_{\text{air lindi}} = 0,9499e^{0,1285[\text{NO}_3^-]_{\text{air hujan}}}$ dengan $r = 0,80$. Hubungan konsentrasi amonium dalam air hujan dengan konsentrasi amonium dalam air lindi sangat kuat, mengikuti persamaan $[\text{NH}_4^+]_{\text{air lindi}} = 1.342e^{0.293[\text{NH}_4^+]_{\text{air hujan}}}$ dengan $r = 0,98$, sedangkan hubungan klorida sangat lemah, mengikuti persamaan: $[\text{Cl}^-]_{\text{air lindi}} = 4.847\ln([\text{Cl}^-]_{\text{air hujan}}) + 4.052$ dengan $r = 0.069$.

Kata kunci: simulasi, hujan asam, kolom pelindi, nitrat, ammonium, klorida, industri

Pengantar

Daerah Citeureup Kabupaten Bogor merupakan salah satu wilayah industri, padat transportasi dan berdebu. Studi kasus hujan asam di wilayah ini menunjukkan telah terjadi hujan asam intensitas tinggi mencapai pH 4,7 pada tahun 2001 (Sutanto *et al*, 2002), dan mencapai rata-rata 4,40 pada tahun 2009 (Sutanto, 2011). Hujan asam di wilayah ini mengandung nitrat (NO_3^-) dan sulfat (SO_4^{2-}) masing-masing mencapai

3,330 mg/l dan 3,580 mg/l pada tahun 2001 (Iryani, 2002) dan meningkat menjadi 5,284 mg/l dan 3,547 mg/l pada tahun 2009 (Sutanto, 2011).

Air sumur di wilayah ini mengandung nitrat rata-rata 6,19 mg/l (Iryani, 2002). Tingginya konsentrasi nitrat dalam air sumur disebabkan kandungan nitrat dalam air hujan. Efe *et al.* (2005) mempelajari kandungan nitrat dalam air sumur dan mendapatkan bahwa konsentrasi nitrat dalam air sumur dipengaruhi oleh musim, dalam hal ini curah hujan, demikian juga hasil penelitian Harbele *et al.* (2009). Keberadaan nitrat dalam air sumur sebagai air minum sangat berbahaya bila dikonsumsi terutama pada anak-anak, karena dapat menyebabkan penyakit *methemoglobin* yaitu timbul sianosis pada bayi yang dikenal sebagai “*baby-blues*” (Luk dan Au-Yeung, 2002).

Ion ammonium dapat berada dalam air hujan karena pelepasan gas ammonia ke atmosfer dan larut dalam air hujan. Gas ammonia dapat berasal dari emisi industri seperti industri batu baterai, industri pupuk urea dan pupuk ammonium sulfat, dan dapat juga berasal dari proses pembusukan sampah organik yang mengandung protein. Ion klorida berada dalam air hujan berasal dari pelepasan klorida dari air laut, dan juga dapat berasal dari pelepasan klor akibat pembakaran senyawa yang mengandung klor, seperti polivinil klorida dan lainnya. Hasil pemantauan kualitas air hujan di daerah Serpong dan Jakarta menunjukkan bahwa dalam air hujan dapat mengandung ion ammonium hingga 17,4 $\mu\text{mol/l}$ dan ion klorida hingga 15,6 $\mu\text{mol/l}$ (Eanet, 2009).

Hujan asam umumnya mengandung banyak ion-ion yang jika air hujan ini jatuh ke tanah akan meresap ke dalam tanah dan akhirnya dapat masuk ke dalam sumur, sehingga berpengaruh terhadap kualitas air sumur. Jika hujan asam berlangsung terus menerus dalam kurun waktu yang lama, dikhawatirkan konsentrasi ion-ion polutan dalam air sumur akan semakin tinggi dan membahayakan jika dikonsumsi penduduk. Selain konsentrasi ion dalam sumur dipengaruhi oleh kandungan ion dalam air hujan, akumulasi ion terlindi juga tergantung kepada rasio jumlah air lindi terhadap jumlah padatan (isi kolom) atau rasio volume cairan dalam liter terhadap berat padatan dalam kg (L/S). Konsentrasi polutan dalam air lindi tak lagi berubah setelah dicapai rasio L/S minimal 10 (van der Sloot *et al.*, 2003).

Penelitian ini mempelajari hubungan antara konsentrasi polutan ion NO_3^- , NH_4^+ dan Cl^- dalam air hujan dengan konsentrasi polutan dalam air sumur melalui percobaan /eksperimental simulasi kolom pelindi. Hubungan antara konsentrasi ion dalam air hujan buatan dan dalam air lindi sebagai representasi air sumur diperhitungkan pada nilai rasio L/S = 10.

Bahan dan Metode

Bahan

Bahan kimia Merk: HNO_3 (pa) HCl (pa); NH_4Cl (pa); brucin; H_2SO_4 (pa); AgNO_3 (pa); aquabidest; fenol; natrium nitropusid, alkalin sitrat, NaOH , K_2CrO_4 (pa), NaOCl).

Alat

Peralatan gelas; buret mikro; Erlenmeyer; gelas piala, statif, pipet volumetric, pipet tetes; gelas ukur dan sebagainya. Instrumen analisis: pHmeter (LUTRON); Spektrofotometer UV-VIS (Thermo Scientific, seri Genesis 10uiv), dan peralatan percobaan kolom pelindi.

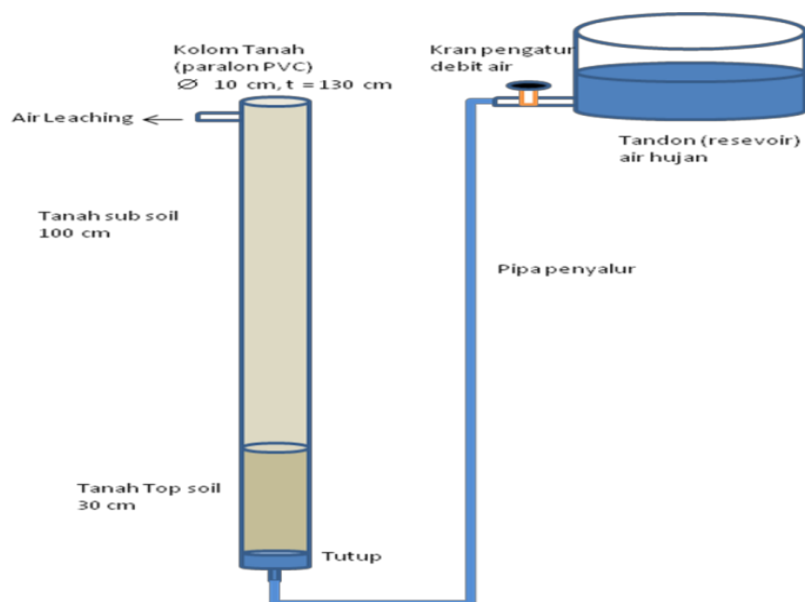
Metoda

Metode penelitian terdiri dari pengambilan sampel tanah dan pembuatan kolom,, pembuatan air hujan asam, pelaksanaan pelindian, pengambilan sampel air lindi, analisis contoh dan pengolahan data.

Sampel tanah diambil dari daerah yang mengalami hujan asam, sedemikian rupa diusahakan agar struktur tanah tidak berubah. Tanah tersebut kemudian dimasukkan ke dalam kolom yang terbuat dari paralon yang berdiameter 3 inci dan sepanjang 130 cm. Selanjutnya kolom dirakit seperti diperlihatkan pada Gambar 1.

Air hujan yang telah ditampung dikondisikan pada berbagai konsentrasi nitrat yaitu 10 ppm, 20 ppm dan 30 ppm. Kandungan ammonium 2 ; 4; dan 6 ppm; kandungan klorida: 13,5; 18; dan 23 ppm. Semakin besar kandungan ion-ion yang dilarutkan dalam air hujan, diasumsikan air hujan semakin asam, sehingga air hujan buatan dikondisikan, yaitu pH 4,5; pH 4,0; pH 3,5.

Air hujan asam buatan ini kemudian dialirkan melalui dasar kolom tanah yang telah dibuat, dan keluar dari atas kolom sebagai air lindi. Pengambilan sample air lindi dilakukan pada volume air ke 5, 10, 15, dan 20 liter yang berpadanan dengan rasio L/S masing-masing: 1; 2; 3; dan 4. Percobaan kolom pelindi dilakukan sebanyak 2 ulangan dan tiga taraf konsentrasi ion air hujan buatan, dengan tanah kolom berasal dari wilayah hujan asam Citeureup Kabupaten Bogor. Kemudian sampel air lindi masing-masing dianalisis konsentrasi NO_3^- , NH_4^+ dan Cl^- . Data hasil analisis dialurkan untuk mendapatkan konsentrasi ion pada L/S 10 menggunakan persamaan garis hasil pengaluran antara konsentrasi ion terhadap rasio L/S. hubungan antara konsentrasi ion dalam air hujan buatan terhadap konsentrasi ion dalam air lindi.



Gambar 1. Skema alat percobaan pelindian

Pembuatan Air Hujan Buatan

Disiapkan 50 liter air suling dalam wadah plastik, kemudian dibuat air hujan buatan A; B; dan C, masing-masing mengandung ion NO_3^- , NH_4^+ dan Cl^- . Konsentrasi nitrat dibuat variasi: 10; 20; dan 30 mg/l; konsentrasi klorida: 13,5; 18; dan 23,00 mg/l; dan konsentrasi amonium: 2,0; 4,0; dan 6,0 mg/l

Penetapan Konsentrasi Nitrat, NO_3^- (APHA, 419 D)

Penetapan konsentrasi nitrat berdasarkan pada reaksi antara nitrat dengan bruisin sulfat dalam suasana asam menghasilkan warna kuning yang digunakan untuk penilaian kolorimetri pada nitrat. Intensitas warna diukur pada panjang gelombang 410 nm menggunakan Spektrofotometer UV-VIS. Perhitungan konsentrasi dilakukan berdasarkan persamaan kurva deret standar.

Penetapan Konsentrasi Klorida, Cl^- (APHA, 410 B)

Penetapan konsentrasi klorida dilakukan dengan metoda titrasi argentometri cara Morh dengan indikator K_2CrO_4 0,1 M, dalam suasana larutan dibuat netral. Titrasi dilakukan triplo.

Penetapan Konsentrasi Amonium, NH_4^+ (APHA,)

Penetapan konsentrasi NH_4^+ dilakukan metoda indofenol biru. Dalam suasana basa ammonia bereaksi dengan natrium hipoklorit membentuk senyawa monjokloramin. Dengan adanya fenol dan hipoklorit berlesbih menghasilkan warna biru dengan serapan maksimum pada 640 nm. Intensitas warna biru diukur menggunakan Spektrofotometer UV-VIS. Perhitungan konsentrasi dilakukan berdasarkan persamaan kurva deret standar.

Pengolahan Data

Hasil analisis setiap parameter uji dialurkan terhadap rasio L/S sehingga diperoleh persamaan garis. Dengan persamaan garis ini dihitung kuantitas setiap parameter pada rasio L/S 10. Hasil perhitungan ini untuk setiap parameter dan setiap kondisi/Konsentrasi ion dalam air hujan buatan. Dengan mengalurkan antara hasil perhitungan ion dalam air lindi pada L/S 10 terhadap konsentrasi ion dalam air hujan buatan dapat diperoleh suatu persamaan yang menghubungkan keduanya.

Hasil Dan Pembahasan

Sampel tanah untuk kolom pelindi diambil dari daerah Citeureup Kabupaten Bogor yang sering mengalami hujan asam, yaitu daerah Sanja dan daerah Gunung Putri. Daerah tersebut dianggap cukup representatif terhadap dua jenis tanah yang terdapat di sebagian besar wilayah Citeureup Kabupaten Bogor. Di daerah tersebut dekat dengan industri dan pasar yang berkontribusi dalam terjadinya hujan asam. Daerah tersebut bukan daerah pertanian, jauh dari tumpukan sampah, bukan merupakan tanah yang diberi pupuk, serta jauh dari kemungkinan sumber nitrat yang lain.

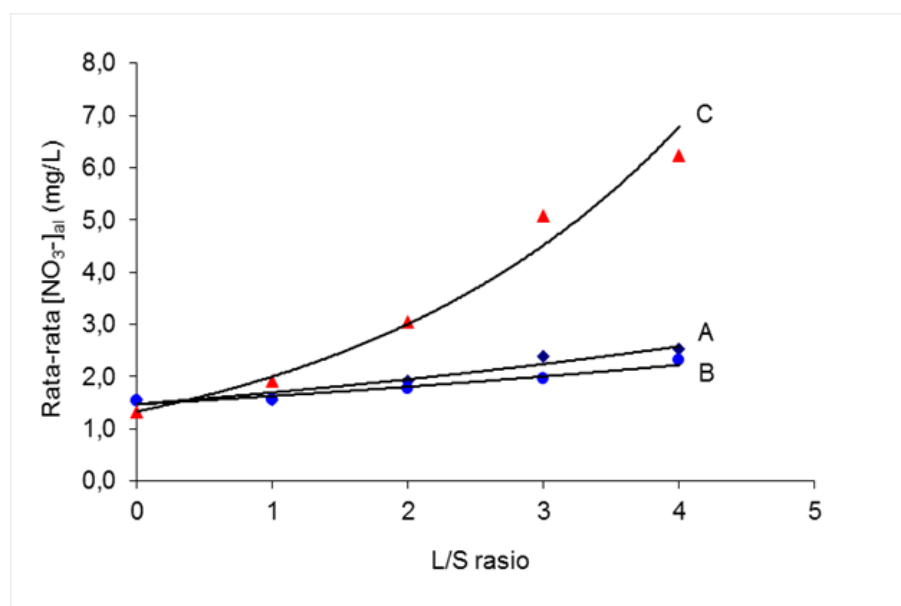
Sampel tanah yang diambil di daerah Desa Sanja merupakan jenis tanah alluvial coklat kekuningan dengan struktur halus dan drainase sedang, dan sampel tanah yang

diambil di daerah Gunung Putri merupakan jenis tanah latosol merah dengan struktur halus dan drainase sedang.

Parameter Nitrat, NO_3^-

Simulasi dengan kolom pelindi dengan variasi input nitrat air hujan buatan 10; 20; dan 30 mg/l diperoleh data konsentrasi nitrat pada berbagai rasio L/S dan disajikan dalam bentuk grafik seperti terlihat pada Gambar 2. Konsentrasi nitrat dalam air lindi mula-mula rendah dan semakin meningkat dengan bertambahnya rasio L/S. Peningkatan konsentrasi nitrat dalam air lindi untuk input nitrat 10 dan 20 mg/l tidak jauh berbeda sebagaimana diperlihatkan kurva A dan kurva B, namun pada input nitrat 30 mg/l memperlihatkan peningkatan konsentrasi nitrat dalam air lindi yang jauh lebih tinggi, sebagaimana diperlihatkan kurva C.

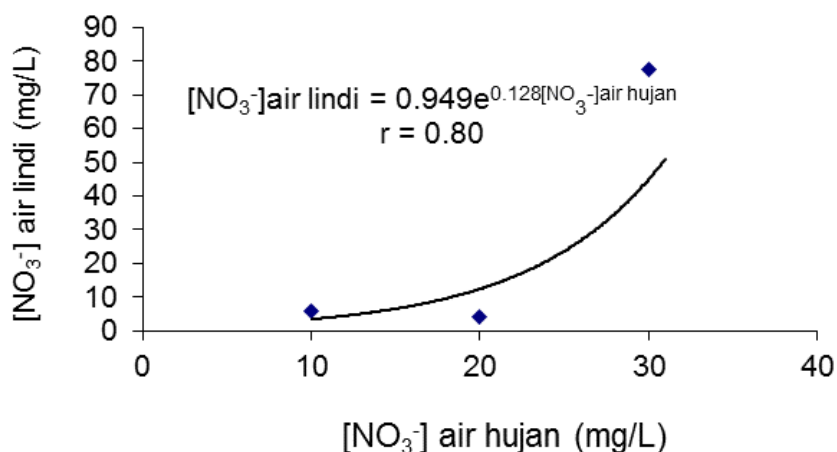
Peningkatan konsentrasi nitrat yang rendah (kurva A dan B) menunjukkan bahwa tanah di wilayah penelitian memiliki kemampuan menjerap ion nitrat yang cukup baik sampai pada batas input nitrat 20 mg/l. Peningkatan yang tajam konsentrasi nitrat dalam air lindi (kurva C) menunjukkan bahwa pada input nitrat 30 mg/l, tanah telah mendekati jenuh sehingga daya jerapnya terhadap nitrat rendah.



Gambar 2. Pola perubahan konsentrasi nitrat dalam air lindi pada berbagai input nitra dalam air hujan buatan (Input nitrat, A 10 mg/l; B 20 mg/l dan C 30 mg/l) terhadap rasio L/S.

Pada input konsentrasi nitrat 10 mg/l dalam air hujan (kurva A) mengikuti persamaan $[\text{NO}_3^-] = 1,4749e^{0,0279(L)}$ dan hasil perhitungan pada L/S = 10, Konsentrasi nitrat dalam air lindi sebesar 5,951 ppm. Dengan cara yang sama, kurva B mengikuti persamaan $[\text{NO}_3^-] = 1,4679e^{0,0207(L)}$ dengan konsentrasi nitrat sebesar 4,132 mg/l, dan pada input konsentrasi nitrat 20 ppm didapatkan persamaan $[\text{NO}_3^-] = 1,3344e^{0,0813(L)}$ dengan konsentrasi nitrat pada L/S = 10 sebesar 77,749 ppm. Hasil pengaluran

kkonsentrasi input nitrat terhadap Konsentrasi air lindi diperoleh kurva hubungan antara keduanya seperti diperlihatkan pada Gambar 3. Kurva hubungan antar keduanya tidak linier tetapi logaritmik mengikuti persamaan $[NO_3^-]_{air\ leaching} = 0,9499e^{0,1285[NO_3^-]_{air\ hujan}}$ dengan koefisien korelasi , $r = 0,80$.

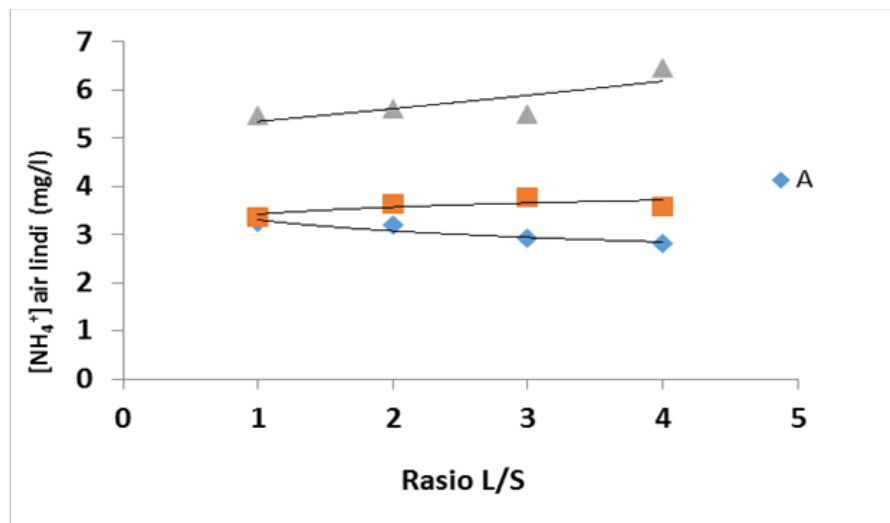


Gambar 3. Kurva hubungan antara konsentrasi input ion nitrat dalam air hujan terhadap konsentrasi nitrat dalam air lindi.

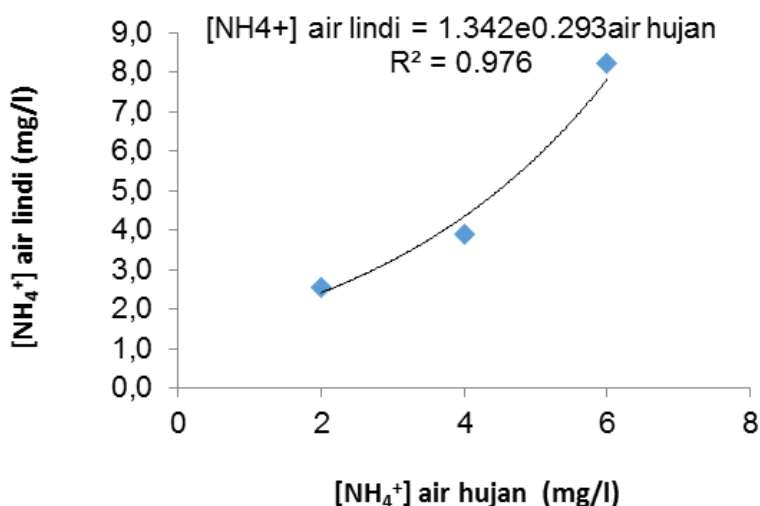
Parameter Amonium, NH₄⁺

Simulasi dengan kolom pelindi dengan variasi input amonium air hujan buatan 2,0; 4,0; dan 6,0 mg/l diperoleh data konsentrasi amonium pada berbagai rasio L/S dan disajikan dalam bentuk grafik seperti terlihat pada Gambar 4. Kurva A dengan input ammonium 2,0 mg/l pola perubahan menurun. Hal ini dimungkinkan sebagian ion ammonium terjerap oleh tanah. Pada input ammonium yang lebih tinggi, kurva B dan C cenderung naik menuju konsentrasi input masing-masing, hal ini menunjukkan bahwa tanah sudah tidak mampu lagi menyerap ion amonium.

Kurva A mengikuti persamaan: $[NH_4^+]_{air\ lindi} = -0.33\ln[NH_4^+]_{air\ hujan} + 3.838$, dengan koefisien korelasi, $r = 0.93$; kurva B mengikuti persamaan: $[NH_4^+]_{air\ lindi} = 0.212\ln[NH_4^+]_{air\ hujan} + 3.081$ dengan $r = 0.73$; dan kurva C mengikuti persamaan: $[NH_4^+]_{air\ lindi} = 5.096e^{0.009[NH_4^+]_{air\ hujan}}$ dengan $r = 0.78$. Hasil perhitungan dengan masing-masing persamaan ini pada rasio L/S 10 diperoleh konsentrasi ammonium pada air lindi: 2.545; 3.910; dan 8.236 mg/l. Selanjutnya konsentrasi amonium dalam air lindi dialurkan terhadap konsentrasi input air hujan diperoleh kurva seperti diperlihatkan pada Gambar 5.



Gambar 4. Pola perubahan konsentrasi amonium pada berbagai rasio L/S. kurva A: input amonium 2 mg/l; B input amonium 4 mg/l, dan C input amonium 6 mg/l



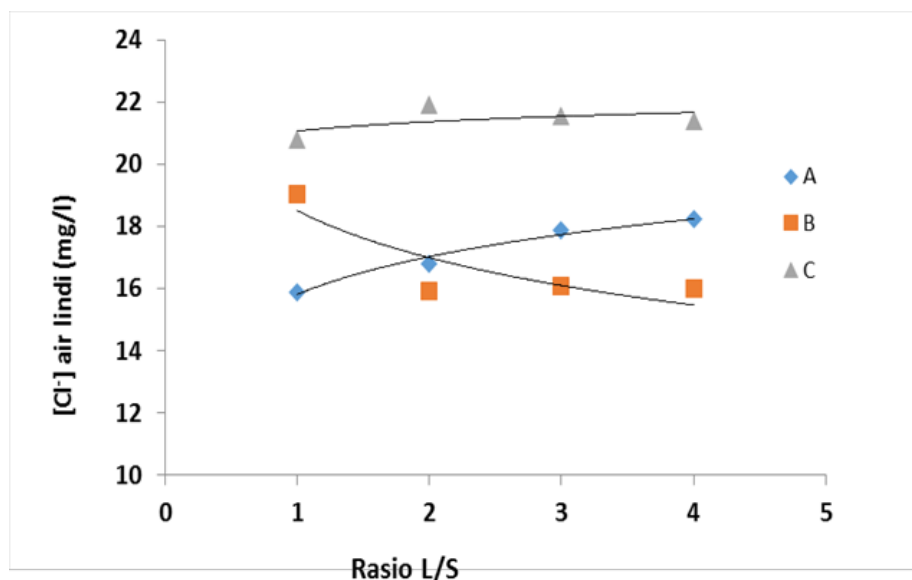
Gambar 5. Kurva hubungan antara Konsentrasi ion amonium dalam air hujan buatan terhadap Konsentrasi ion amonium dalam air lindi.

Hubungan antara konsentrasi ion amonium dalam air hujan buatan dengan air lindi sebagai representasi air sumur mengikuti persamaan $[NH_4^+]_{\text{air lindi}} = 1.342e^{0.293 \text{air hujan}}$ dengan koefisien korelasi $r = 0.98$. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi ion amonium dalam air hujan sangat kuat berpengaruh terhadap konsentrasi ion amonium dalam air sumur. Ion ini sedikit sekali mengalami penjerapan dalam tanah.

Parameter Klorida, Cl

Simulasi dengan kolom pelindi dengan variasi input klorida ([Cl]) dalam air hujan buatan 13,5; 18; dan 23,00 mg/l diperoleh data konsentrasi amonium pada berbagai rasio

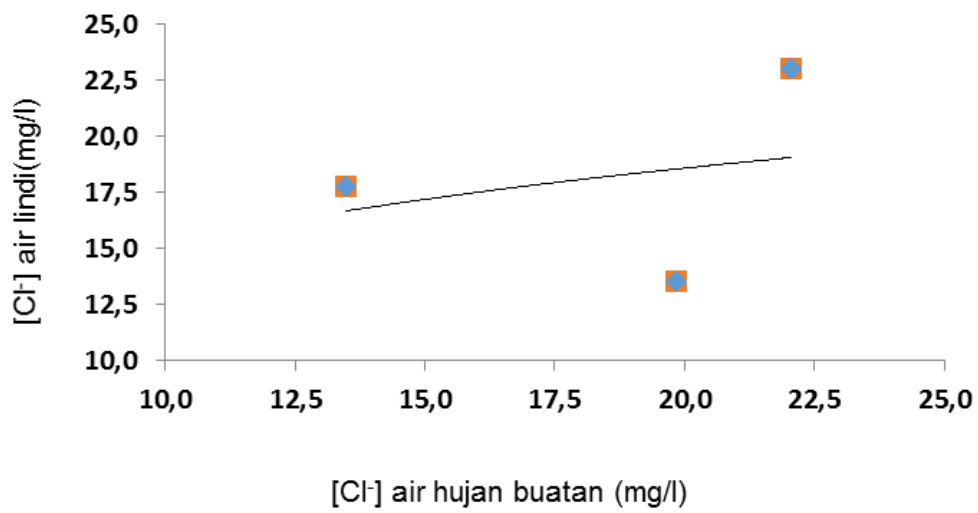
L/S dan disajikan dalam bentuk grafik seperti terlihat pada Gambar 6. Kurva A dengan input klorida 13,5mg/l pola perubahan menurun. Hal ini dimungkinkan sebagian ion klorida terjerap oleh tanah. Pada input klorida yang lebih tinggi, kurva B dan C cenderung naik menuju konsentrasi input masing-masing, hal ini menunjukkan bahwa tanah sudah tidak mampu lagi menyerap ion klorida.



Gambar 6. Kurva pola perubahan konsentrasi klorida (Cl⁻) pada berbagai konsentrasi input klorida dalam air hujan buatan terhadap rasio L/S. Kurva A= konsentrasi input klorida 13,5 mg/l, B= 18 mg/l; dan C = 23,00 mg/l

Pada input konsentrasi klorida 13,5 mg/l , kurva A cenderung meningkat perlahan, sama halnya dengan kurva C. Semakin banyak air hujan yang dialirkan, semakin besar konsentrasi ion klorida dalam air lindi. Kurva B cenderung menurun, suatu keadaan anomali ini mungkin disebabkan karena kolomnya yang mampat.

Kurva A: mengikuti persamaan: $[Cl^-] \text{ air lindi} = 1.746 \ln([Cl^-] \text{ air hujan}) + 15.81$, dengan $R = 0.97$, dan kurva B mengikuti persamaan: $[Cl^-] \text{ air lindi} = -2.19 \ln([Cl^-] \text{ air hujan}) + 18.51$ dengan $R = 0.755$, dan kurva C mengikuti persamaan: $[Cl^-] \text{ air lindi} = 0.428 \ln([Cl^-] \text{ air hujan}) + 21.06$, dengan $R = 0.305$. Hasil perhitungan konsentrasi ion klorida pada L/S 10 diperoleh masing-masing:



Gambar 7. Kurva hubungan antara konsentrasi ion klorida dalam air hujan buatan dengan konsentrasi ion klorida dalam air lindi.

Gambar 7 memperlihatkan kurva hubungan antara konsentrasi ion klorida dalam air hujan (input) dengan konsentrasi ion klorida dalam air lindi. Kurva ini mengikuti persamaan $[Cl^-]_{\text{air lindi}} = 4.847 \ln([Cl^-]_{\text{air hujan}}) + 4.052$ dengan nilai koefisien $R = 0.069$. Persamaan ini memperlihatkan bahwa hubungan antara konsentrasi ion klorida input air hujan dengan air lindi sangat lemah dan bahkan tidak mencerminkan hubungan sama sekali. Hal ini dimungkinkan ion klorida banyak terserap dalam tanah, dan kemungkinan ion klorida yang keluar bersama air lindi berasal dari dalam tanah itu sendiri.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian simulasi kolom pelindi untuk ketiga ion dapat disimpulkan sebagai berikut:

Semakin tinggi konsentrasi nitrat yang terlarut dalam air hujan asam, semakin tinggi pula kandungan nitrat yang terlepas dan terakumulasi dalam air sumur. Hubungan konsentrasi nitrat dalam air hujan dengan konsentrasi nitrat dalam air lindi sangat kuat, mengikuti persamaan: $[NO_3^-]_{\text{air lindi}} = 0,9499e^{0,1285[NO_3^-]_{\text{air hujan}}}$ dengan nilai koefisien korelasi $r = 0,80$

Semakin tinggi konsentrasi ammonium dalam air hujan menyebabkan semakin tinggi konsentrasi ammonium dalam air sumur. Hubungan konsentrasi nitrat dalam air hujan dengan konsentrasi nitrat dalam air lindi sangat kuat, mengikuti persamaan $[NH_4^+]_{\text{air lindi}} = 1.342e^{0,293\text{air hujan}}$ $r = 0,98$

Semakin tinggi konsentrasi klorida dalam air hujan menyebabkan semakin tinggi konsentrasi klorida dalam air sumur. Hubungan konsentrasi klorida dalam air hujan dengan konsentrasi klorida dalam air lindi sangat lemah, mengikuti persamaan: $[Cl^-]_{\text{air lindi}} = 4.847 \ln([Cl^-]_{\text{air hujan}}) + 4.052$ dengan nilai koefisien $r = 0.069$

Ucapan Terimakasih

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada: Fitri Chaerunisa dan Supriyadi Lubis, dan rekan-rekan laboratorium kimia FMIPA Universitas Pakuan yang telah membantu penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [APHA]. 2005. Standart Methods For the Examination of Water and Waste Water, 14^{ed}. APHA. Washington D.C. 2005.
- Efe SI, Ogban FE, Horsfall M Jnr, Akporhonor EE. 2005. Seasonal Variations of Physico-chemical Characteristics in Water Resources Quality in Western Niger Delta Region, Nigeria. *J. Appl.Sci. Environ. Mgt.* Vol 9(I) 191-195.
- Harbele J, Helena K, Pavel S, Jan K. 2009. The Change of Soil Mineral Nitrogen Observe on Farm between Autum ang Spring ang Modelled with a Simple Leaching Equation, *Soil & Water Res* 4:159-167.
- Iryani A. 2002. Pengaruh pencemaran udara terhadap kualitas air sumur penduduk (studi kasus air sumur penduduk wilayah industri Cibinong-Citeureup kab. Bogor Jawa Barat) . *Tesis*. UI. Jakarta.
- Luk, G. K. dan W. C. Au-Yeung,. 2002. *Experimental Investigation on The Chemical Reduction of Nitrate From Ground Water (6)*. Departement of Civil Engineering. Ryerson Polytechnic University. Canada. 441-453.
- Sutanto, Ani I, Yusnira, 2002, Profil hujan asam di wilayah industri Citeureup-Cibinong Bogor, *Ekologia*, vol 2 no.2, 1-6.
- Sutanto, 2011, Hujan Asam dan Perubahan Kualitas Air Sumur di Wilayah Industri (studi kasus di Wilayah industry Cibinong-Citeureup Kabupaten Bogor), *Disertasi*, Institut Pdertanian Bogor, Bogor.
- van der Sloot, van Zomeren A, Seignette P, Comans RNJ, van Zomeren A, Dijkstra JJ, Meeussen H, Hjelmar KDSO. 2003. Evaluation of environmental aspects of alternative material using an integrated approach assisted by a database/expert system. *Advances in Waste Management and Recycling*, September 2003, Dundee