

SEMINAR NASIONAL

Kimia dan Pendidikan Kimia Tahun 2013

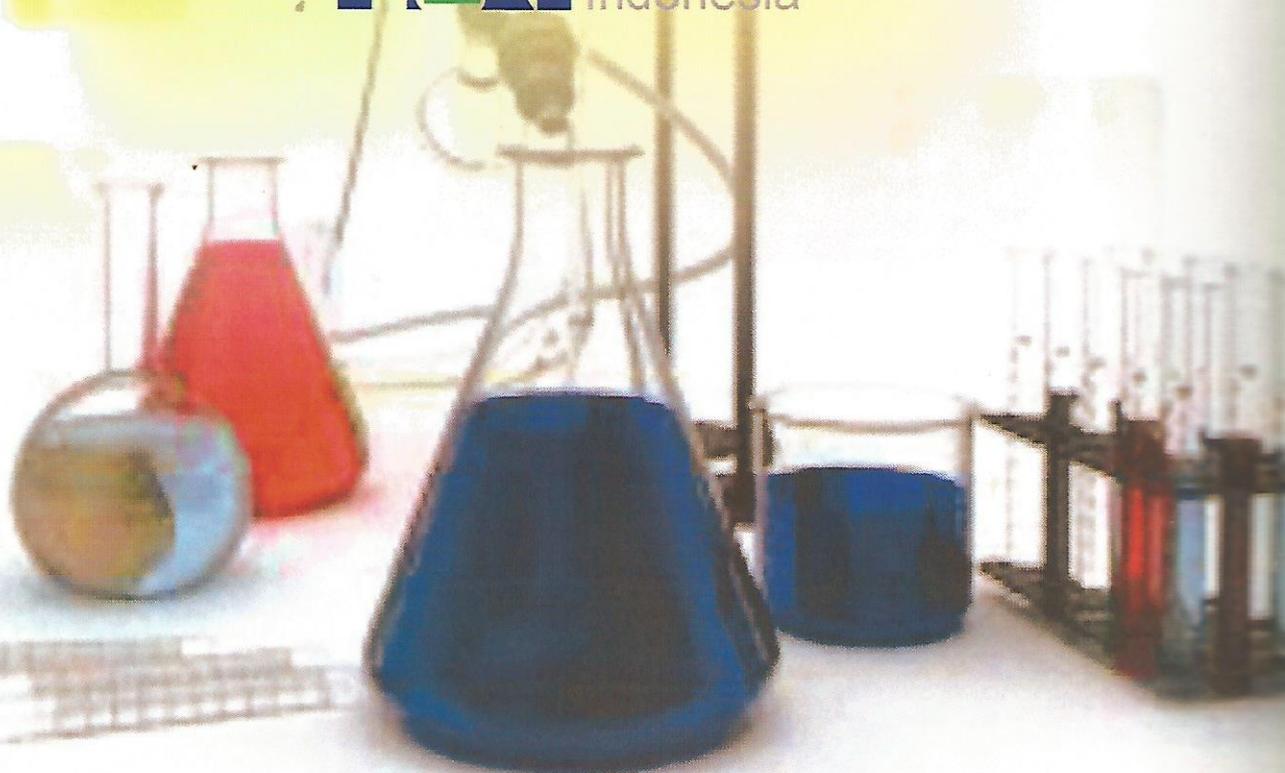
“ Save The Natural Resources by Implementation
of Green Chemistry in Education, Research,
and Industrial Process “

Penyelenggara :



KERJASAMA :
JURUSAN KIMIA
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG,
UNDIP SEMARANG
UNS SURAKARTA DAN
PRODI KIMIA UNSOED PURWOKERTO

HKI Himpunan
Kimia
Indonesia





**SEMINAR NASIONAL KIMIA DAN PENDIDIKAN KIMIA
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG 2013**

**“SAVE THE NATURAL RESOURCES BY IMPLEMENTATION OF GREEN
CHEMISTRY IN EDUCATION, RESEARCH, AND INDUSTRIAL PROCESS”**

Diselenggarakan Oleh:

**JURUSAN KIMIA FMIPA UNNES
BEKERJASAMA DENGAN UNDIP, UNS, UNSOED**

**SEMINAR NASIONAL KIMIA DAN PENDIDIKAN KIMIA
JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
2013**

Reviewer:

Prof. Dr. Supartono, M.S. (Unnes)
Dr. Sudarmin, M.Si. (Unnes)
Dr. rer. nat. Fajar Rakhman Wibowo, M.Si. (UNS)
Dr. Khairul Anam, M.Si. (Undip)
Dr. Agustina L.N. Aminin, M.Si (Undip)
Dr. Ponco Iswanto, M.Si (Unsoed)
Dr. Edy Cahyono, M.Si. (Unnes)

Editor:

Arif Widiyatmoko, M.Pd. (Unnes)
Nuni Widiarti, S.Pd.,M.Si. (Unnes)
Miranita Khusniati, M.Pd. (Unnes)

ISBN: 978-602-14397-0-8

Dicetak Oleh :

CV. SWADAYA MANUNGGAL
Jl. Kelud Raya No. 78, Semarang
Telp. (024) 8411006 / Fax. (024) 8505723
Email. percetakanswadaya@yahoo.com

KANDUNGAN UNSUR-UNSUR KIMIA PADA AIRTANAH DANGKAL DI DAERAH TERDAMPAK LUAPAN LUMPUR SIDOARJO (Kondisi 7 tahun setelah semburan lumpur)

Hari Siswoyo*, Moh. Sholichin, Mohammad Taufiq, dan Rinastiti W. Primasari

Jurusan Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Malang

*e-mail : hari_siswoyo@ub.ac.id

ABSTRAK

Sejumlah penelitian terdahulu menunjukkan bahwa akibat semburan Lumpur Sidoarjo beberapa parameter kualitas air di sekitar lokasi semburan lumpur menunjukkan nilai yang melebihi ambang batas. Hasil-hasil yang diperoleh berdasarkan penelitian terdahulu masih memunculkan pertanyaan untuk ditindaklanjuti dengan penelitian berikutnya. Pertanyaan yang masih memerlukan jawaban lebih lanjut dari penelitian terdahulu adalah bagaimana kandungan parameter-parameter kualitas air khususnya unsur-unsur kimia dari airtanah seiring dengan perjalanan waktu. Studi ini bertujuan untuk mengetahui dan menganalisis kandungan unsur-unsur kimia dari airtanah dangkal di daerah terdampak luapan Lumpur Sidoarjo pada kondisi 7 tahun setelah semburan lumpur. Hasil dari studi ini menunjukkan bahwa berdasarkan hasil pengujian dengan Alat XRF, diketahui dari 15 sampel yang diuji, terdeteksi 22 unsur kimia. Dari 22 unsur yang terdeteksi, hanya 5 unsur yang terdapat pada seluruh sampel yang diteliti yaitu unsur kalsium (Ca), fosfor (P), tembaga (Cu), besi (Fe), dan nikel (Ni), sedangkan 17 unsur lainnya terdeteksi pada sampel tertentu tetapi tidak mutlak terdeteksi pada sampel yang lain. Unsur-unsur langka yang terdeteksi pada sampel penelitian antara lain Zr, Ce, Sc, Cs, dan Sn. Terdapat 4 unsur yang tidak lazim terkandung di dalam airtanah, yaitu Pr, Nd, Sm, dan Eu, dimana kelima unsur tersebut di dalam Sistem Periodik Unsur-unsur Kimia termasuk ke dalam Deret Lantanida.

Kata kunci: unsur, kimia, airtanah

ABSTRACT

A number of previous studies showed that the Sidoarjo mudflow caused several water quality parameters in the vicinity of the mud flow showed that exceeds the threshold value. The results obtained by previous studies raises the question still to be followed up by subsequent studies. Questions that still need answers further than previous research is how the content of the water quality parameters particularly the chemical elements of the groundwater over time. This study aims to identify and analyze the content of chemical elements from shallow groundwater in the area affected by the Sidoarjo mudflow in condition 7 years after the mudflow. Results of this study showed that based on the results of testing with the XRF tool, known from the 15 samples tested, detected 22 chemical elements. Of 22 elements were detected, only 5 elements contained in all the samples studied, namely the elements calcium (Ca), phosphorus (P), copper (Cu), iron (Fe), and nickel (Ni), while the other elements were detected in 17 but not absolutely certain samples detected in the other samples. Rare elements were detected in the sample such as Zr, Ce, Sc, Cs, and Sn. There are four elements that are not common in groundwater terkandung, namely Pr, Nd, Sm, and Eu, where the five elements in the Periodic System of Chemical Elements included in the Lanthanide series.

Keywords: elements, chemistry, groundwater

PENDAHULUAN

Semburan lumpur panas Sidoarjo mulai muncul pada tanggal 29 Mei 2006 di areal persawahan Desa Siring, Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo. Jarak titik semburan sekitar 150 m arah Barat Daya dari Sumur Banjar Panji I milik PT. Lapindo Brantas yang saat itu sedang dilakukan pemboran vertikal untuk mencapai Formasi Kujung pada kedalaman 10.300 kaki. Awal semburan ini terjadi dengan debit 5.000 m³/hari. Lubang semburan terjadi di beberapa tempat, sebelum akhirnya menjadi menjadi satu lubang yang dari waktu ke waktu menyemburkan lumpur panas dengan volume yang terus meningkat. Pada bulan Mei–Agustus 2006 debit

lumpur telah mencapai 126.000 m³/hari (Suprpto, Gunradi, dan Ramli, www.bgl.esdm.go.id/publication).

Menurut Wahjono (2008), selain merusak infrastruktur yang ada di wilayah tersebut, semburan lumpur juga mengakibatkan terjadinya kerusakan lingkungan mulai dari kerusakan lahan, perubahan struktur geologi bawah tanah, pencemaran udara akibat gas yang keluar bersama semburan lumpur, dan perubahan kualitas air dari sumber-sumber air yang berasal dari sumur bor. Penduduk yang semula bisa menikmati sumber air dari sumur pompa dengan kualitas yang baik, kini tidak lagi dapat digunakan. Hal ini selain dikarenakan air sumur yang menyembur dengan debit yang fluktuatif, juga disebabkan kualitas air

sumur yang berubah. Fenomena perubahan kualitas air di sumur penduduk banyak terjadi di bagian barat tanggul lumpur.

Lumpur Sidoarjo diketahui mengandung logam berat. Apabila logam berat tersebut masuk ke dalam perairan akan dapat menyebabkan pencemaran terhadap sungai, tanah, dan organisme di sekitar aliran sungai. Logam berat itu sendiri sebenarnya merupakan unsur esensial yang sangat dibutuhkan setiap makhluk hidup, namun beberapa diantaranya dalam kadar tertentu bersifat racun (Juniawan, Rumhayati, dan Ismuyanto, 2013).

Terkait dalam sektor perikanan, semenjak terjadinya semburan lumpur pada tahun 2006, tren peningkatan produksi perikanan dan kelautan bagi kabupaten Sidoarjo telah berakhir. Hal ini mengindikasikan karena adanya pengaruh luapan lumpur yang mengandung berbagai unsur dan zat kimia. Kandungan pelepasan lumpur ke perairan akan menyebabkan kematian hewan air dan menyebabkan akibat serius manusia yang tergantung pada perairan tersebut. Kandungan logam berat yang bersifat toksik dan ditemukan pada konsentrasi tinggi adalah merkuri yang berpotensi terakumulasi dalam tubuh manusia melalui kegiatan mengkonsumsi ikan (UNDAC, 2006 dalam Samsundari dan Perwira, 2011).

Rosadi (2008) melakukan penelitian tentang Kualitas Air Tanah Dangkal di Daerah Lumpur Sidoarjo dan Sekitarnya (Setahun Setelah Letusan). Hasil penelitian menunjukkan bahwa sampel-sampel air pada sumur gali pada umumnya tidak memenuhi persyaratan dipergunakan sebagai air minum, dimana beberapa parameter kualitas air menunjukkan nilai melebihi ambang batas.

Hasil dari penelitian Rosadi (2008) masih memunculkan pertanyaan untuk ditindaklanjuti dengan penelitian berikutnya. Pertanyaan yang masih memerlukan jawaban lebih lanjut dari penelitian tersebut adalah bagaimana kandungan parameter-parameter kualitas air (khususnya kandungan unsur-unsur kimia) seiring dengan perjalanan waktu? Bagaimana pula dengan pola penyebaran kandungan unsur-unsur kimia dari airtanah pada daerah terdampak luapan Lumpur Sidoarjo?

Selain itu, sejalan dengan pemikiran Juniawan, Rumhayati, dan Ismuyanto (2013) di atas, maka apabila unsur-unsur kimia tertentu yang berasal dari luapan Lumpur Sidoarjo masuk ke dalam tanah maka akan dapat mencemari airtanah dan akan menimbulkan efek negatif bagi pemanfaatan potensi airtanah baik untuk keperluan penduduk maupun untuk keperluan irigasi. Dengan demikian terkait dengan hal-hal sebagaimana dikemukakan di atas, maka perlu dilakukan suatu penelitian untuk mengetahui kandungan unsur-unsur kimia airtanah pada saat ini yaitu pada masa 7 tahun sejak terjadinya semburan lumpur, termasuk mutu dan dampaknya bagi berbagai

peruntukan, yang selanjutnya unsur-unsur kimia tersebut dipetakan pola penyebarannya.

Penelitian ini secara keseluruhan dilakukan dengan tujuan untuk :

- (1) Mengetahui dan menganalisis kandungan unsur-unsur kimia dari airtanah dangkal di daerah terdampak luapan Lumpur Sidoarjo pada kondisi 7 tahun setelah semburan lumpur.
- (2) Mengetahui dan menganalisis mutu dan dampak dari airtanah apabila dipergunakan untuk keperluan domestik maupun irigasi.
- (3) Memetakan pola penyebaran kandungan unsur-unsur kimia airtanah di daerah terdampak luapan Lumpur Sidoarjo.

Namun demikian pada makalah ini hanya akan dibahas kandungan unsur-unsur kimia pada airtanah dangkal di daerah terdampak luapan Lumpur Sidoarjo (tujuan penelitian yang pertama saja).

METODE

Penelitian ini dilaksanakan terhadap airtanah dangkal dengan lokasi penelitian daerah terdampak luapan Lumpur Sidoarjo. Sampel air diambil dari sumur-sumur penduduk di sekitar luapan Lumpur Sidoarjo.

Tahapan analisis di dalam penelitian meliputi :

1. Inventarisasi Data Sekunder

Inventarisasi data sekunder dilakukan terutama untuk mendapatkan Peta Rupa Bumi, Peta Hidrogeologi, Peta Cekungan Air Tanah, dan Peta Genangan Lumpur Sidoarjo. Selain untuk mendapatkan peta-peta, kegiatan inventarisasi ini juga dimaksudkan untuk mendapatkan informasi-informasi awal, literatur, maupun studi-studi sebelumnya yang terkait dengan penelitian ini.

2. Investigasi di Lokasi Penelitian

Investigasi di lokasi penelitian dilakukan untuk menentukan lokasi-lokasi pengambilan sampel penelitian yang dapat merepresentasikan kondisi di lokasi penelitian. Lokasi-lokasi yang dimaksud adalah penyebaran keberadaan sumur-sumur penduduk di daerah terdampak dari luapan Lumpur Sidoarjo yang merepresentasikan potensi dan kondisi airtanah dangkal yang ada di lokasi penelitian.

3. Analisis Kandungan Unsur-unsur Kimia Airtanah

Analisis kandungan unsur-unsur kimia airtanah di lokasi penelitian dilakukan dengan cara mengambil sampel di lapangan dan pengujian di laboratorium. Pengambilan sampel air dilakukan pada masing-masing lokasi tempat beradanya sumur-sumur penduduk yang ditentukan berdasarkan investigasi di lokasi penelitian. Pengukuran suhu/temperatur airtanah sebagai representasi sifat fisik yang penting terkait dengan keberadaan lumpur panas,

dilakukan secara langsung di lapangan dengan menggunakan alat termometer. Untuk mengetahui kandungan unsur-unsur kimia, sampel air yang telah diperoleh dari lokasi penelitian diuji di Laboratorium Sentral, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Malang, yang berlokasi di Jl. Semarang No. 5 Malang. Alat yang digunakan untuk pengujian guna mengetahui kandungan unsur-unsur kimia dari sampel airtanah adalah Alat XRF.

Adapun *Standard Operational Procedure* pengujian kandungan unsur-unsur kimia airtanah dari sampel-sampel penelitian yang diuji adalah sebagai berikut:

- A. Langkah I : Penyiapan Alat XRF, dengan tahapan :
- Menghidupkan Alat XRF
 - Putar kunci HT On (X-Ray On)
 - Menghidupkan komputer
 - Buka Program Minipal
 - Tunggu sekitar 10 – 15 menit atau sampai alat benar-benar siap untuk digunakan
- B. Langkah II : Penyiapan Sampel, dengan tahapan :
- a. Untuk sampel powder dan padatan
 - Siapkan holder yang sudah dipasang dengan plastik khusus untuk XRF
 - Masukkan sampel yang akan diuji ke dalam holder
 - b. Untuk sampel cair
 - Siapkan holder yang sudah dipasang dengan plastik khusus untuk XRF. Periksa kembali apakah plastik benar-benar tidak bocor. Jika perlu pasang dengan plastik dobel.
 - Masukkan sampel ke dalam holder. Untuk sampel yang mengandung air, panasi dahulu sampai kadar airnya hilang, setelah itu tunggu sampai dingin dan masukkan ke dalam holder.
- C. Langkah III : Pengukuran, dengan tahapan :
- Masukkan sampel ke dalam alat XRF
 - Pada Program Minipal :
 - Buka menu *Measure*
 - *Measure Standardless*
 - Isi nama sampel yang akan diukur pada *Sample Ident*
 - *Measure* (sesuai dengan urutan sampel). Tunggu beberapa menit sampai proses pengukuran selesai.
 - Untuk melihat hasil :
 - Buka menu *Result*
 - *Open Result*
 - *Standardless*
 - Print hasil yang diinginkan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 33 tahun 2013 pada pasal 15B ayat 1 menyatakan bahwa wilayah penanganan luapan lumpur di luar Peta Area Terdampak tanggal 22 Maret 2007 adalah di Desa Besuki, Desa Pejarakan, dan Desa Kedungcangkring, Kecamatan Jabon, Kabupaten Sidoarjo, dengan batas-batas sebagai berikut: sebelah Utara tanggul batas peta area terdampak, sebelah Timur jalan tol ruas Porong-Gempol, sebelah Selatan Kali Porong, dan sebelah Barat batas Desa Pejarakan dengan Kelurahan Mindi. Termasuk wilayah penanganan luapan lumpur di luar Peta Area Terdampak sebagaimana dimaksud dalam ayat 1 berdasarkan kajian Tim Terpadu meliputi beberapa RT dan hamparan sawah di Desa Besuki, Kelurahan Mindi, Desa Pamotan, Kelurahan Gedang, Desa Ketapang, Desa Gempolsari, Desa Wunut, Desa Kalitengah, Desa Glagaharum, dan Kelurahan Porong.

Wahjono (2008) melakukan studi terkait "*Pemantauan Kualitas Air Sumur Menggunakan Multiprobe Sensor Digital di Wilayah Sekitar Semburan Lumpur Sidoarjo*". Pengambilan sampel penelitian dilakukan pada bagian Barat tanggul lumpur yang berada di Desa Siring Barat, berdasarkan pertimbangan bahwa berdasarkan studi sebelumnya fenomena perubahan kualitas air sumur penduduk banyak terjadi di bagian barat tanggul lumpur.

Mempertimbangkan dasar peraturan yang ada dan studi ilmiah yang telah dilakukan sebelumnya, maka di dalam penelitian pengambilan sampel penelitian sebagian besar dilakukan di sebelah Barat tanggul lumpur (sebelah barat jalan raya Porong) dengan sebaran sebagai berikut :

- 1 sumur berada di Desa Pejarakan Kecamatan Porong yaitu Sumur N (wilayah penanganan luapan lumpur di luar Peta Area Terdampak).
- 3 sumur berada di Kelurahan Mindi Kecamatan Porong yaitu Sumur C, Sumur I, dan Sumur J (termasuk wilayah penanganan lumpur di luar Peta Area Terdampak).
- 2 sumur berada di Kelurahan Gedang Kecamatan Porong yaitu Sumur D dan Sumur G (termasuk wilayah penanganan lumpur di luar Peta Area Terdampak)
- 3 sumur berada di Desa Pamotan Kecamatan Porong yaitu Sumur F, Sumur M, dan Sumur O (termasuk wilayah penanganan lumpur di luar Peta Area Terdampak)
- 2 sumur berada di Desa Candipari Kecamatan Porong yaitu Sumur B dan Sumur L
- 1 sumur berada di Desa Kedungboto Kecamatan Porong yaitu Sumur A
- 1 sumur berada di Desa Kebakalan Kecamatan Porong yaitu Sumur H
- 2 sumur berada di sebelah Selatan Kali Porong (batas sebelah Selatan wilayah penanganan

luapan lumpur di luar Peta Area Terdampak) digunakan sebagai pembandingan untuk mengetahui apakah kandungan unsur-unsur kimia airtanah yang dipisahkan oleh sungai yang besar memiliki kecenderungan yang sama yaitu 1 sumur di Desa Kedungcangkring (Sumur

K) dan 1 sumur di Desa Dukuhsari (Sumur E) dimana keduanya berada di wilayah Kecamatan Jabon.

Peta Genagan Lumpur Sidoarjo tahun 2013 ditunjukkan pada gambar 1 dan lokasi pengambilan sampel selengkapnya ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 1. Kondisi Genagan Lumpur Sidoarjo tahun 2013 (sumber : Google earth)



Gambar 2. Penyebaran Sampel Penelitian dari Titik Pusat Semburan Lumpur

Sifat fisika yang dari airtanah dangkal yang diamati adalah suhu air pada tiap sumur penduduk yang merupakan representasi dari airtanah dangkal di daerah sekitar semburan Lumpur Sidoarjo. Suhu menjadi parameter yang penting untuk diamati mengingat Lumpur Sidoarjo merupakan lumpur panas, sehingga perlu diketahui sejauh mana lumpur panas tersebut memberikan efek terhadap airtanah dangkal pada wilayah di sekitarnya.

Pengukuran terhadap suhu airtanah dangkal dilakukan secara langsung di lokasi penelitian (di lapangan) pada tiap sumur penduduk yang diamati dengan menggunakan alat termometer. Berdasarkan hasil pengukuran suhu tersebut dapat diketahui bahwa suhu airtanah dangkal di lokasi penelitian berkisar antara 28 °C sampai dengan 31 °C. Pada daerah-daerah di dekat lokasi semburan lumpur (termasuk ke dalam area terdampak) suhu airtanah dangkal yang ada cukup

tinggi, yaitu di Kelurahan Mindi mencapai 31 °C, di Kelurahan Gedang mencapai 30 °C, dan di Desa Pejarakan mencapai 30 °C. Untuk lokasi sampel di luar Peta Area Terdampak, suhu airtanah dangkal relatif lebih rendah yaitu berkisar antara 28 – 29 °C, sementara itu untuk suhu airtanah dangkal yang ada di sebelah Selatan dari Sungai Porong berdasarkan 2 sampel yang diamati pada 2 desa yang berbeda menunjukkan suhu 29 °C.

Untuk mengetahui sifat-sifat kimia dari airtanah dangkal di lokasi penelitian, dilakukan pengambilan sampel air di lapangan untuk selanjutnya diuji di laboratorium. Pengujian sifat-sifat kimia airtanah dangkal dilakukan di Laboratorium Sentral, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Malang, yang berlokasi di Jl. Semarang No. 5 Malang. Alat yang digunakan untuk pengujian guna mengetahui kandungan unsur-unsur kimia dari sampel airtanah adalah Alat XRF.

Pengujian sebagaimana dimaksud di atas dilaksanakan pada minggu keempat di bulan Juli 2013, dan selesai pada tanggal 31 Juli 2013. Hasil dari pengujian kandungan unsur kimia airtanah dari masing-masing sampel yang diuji dalam satuan %, selengkapnya ditunjukkan pada tabel 1.

Berdasarkan hasil pengujian dengan Alat XRF, dapat diketahui bahwa secara keseluruhan dari 15 sampel yang diuji, terdeteksi 22 unsur kimia, yaitu :

1. Natrium (Na) pada sampel sumur A, C, D, E, F, G, H, dan N
2. Kalsium (Ca) pada semua sampel sumur
3. Fosfor (P) pada semua sampel sumur
4. Tembaga (Cu) pada semua sampel sumur
5. Mangan (Mn) pada sampel sumur A, B, G, J, dan M
6. Besi (Fe) pada semua sampel sumur
7. Nikel (Ni) pada semua sampel sumur
8. Zirkonium (Zr) pada sampel sumur A, B, C, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, dan O
9. Neodinium (Nd) pada sampel sumur A, B, I, dan L
10. Krom (Cr) pada sampel sumur B, C, E, F, G, H, J, L, N, dan O
11. Serium (Ce) pada sampel sumur B dan N
12. Presaodinium (Pr) pada sampel sumur C, E, dan K
13. Skandium (Sc) pada sampel sumur D, E, H, L, dan O
14. Samarium (Sm) pada sampel sumur D
15. Eropium (Eu) pada sampel sumur D, K, L, dan O
16. Barium (Ba) pada sampel sumur F
17. Brom (Br) pada sampel sumur G
18. Vanadium (V) pada sampel sumur H dan I
19. Lantanum (La) pada sampel sumur K dan O
20. Sesium (Cs) pada sampel sumur L dan O
21. Aluminium (Al) pada sampel sumur N
22. Timah (Sn) pada sampel sumur N dan O

Tabel 1. Hasil Analisis Kandungan Unsur-unsur Kimia pada Sampel Penelitian

No.	Unsur Kimia	Kandungan Unsur Kimia Sampel Airtanah Dangkal/Sumur (%)														
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	Na	0.20	—	16.49	0.01	16.97	24.01	16.46	27.65	—	—	—	—	—	20.54	—
2	Ca	17.74	19.55	19.24	19.12	21.31	21.96	16.81	23.08	19.14	20.42	19.47	19.04	19.97	21.29	19.04
3	P	7.53	9.02	8.00	8.55	8.98	9.00	3.89	8.55	9.47	9.01	8.99	9.02	8.56	8.52	9.02
4	Cu	9.04	10.53	10.00	11.07	9.98	10.51	3.84	9.55	9.97	10.51	10.48	10.52	10.57	11.02	10.02
5	Mn	11.90	7.52	—	—	—	—	28.68	—	—	13.01	—	—	18.12	—	—
6	Fe	6.03	5.51	9.00	5.53	5.49	5.50	16.86	7.54	6.48	5.51	5.49	5.01	5.54	6.61	5.51
7	Ni	5.02	5.51	5.50	5.03	4.99	5.50	2.24	5.03	5.48	5.01	5.49	5.51	5.54	5.51	5.51
8	Zr	23.95	23.51	1.80	—	1.85	3.00	1.50	3.92	25.13	32.48	0.12	0.20	31.71	2.51	0.25
9	Nd	18.58	11.03	—	—	—	—	—	—	23.43	—	—	0.06	—	—	—
10	Cr	—	1.30	5.00	—	4.99	11.01	2.24	11.56	—	4.05	—	0.01	—	6.51	0.01
11	Ce	—	6.52	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	16.53	—
12	Pr	—	—	24.99	—	24.45	—	—	—	—	—	0.02	—	—	—	—
13	Sc	—	—	—	0.50	1.00	—	—	0.50	—	—	—	1.00	—	—	1.00
14	Sm	—	—	—	0.35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
15	Eu	—	—	—	49.81	—	—	—	—	—	—	49.92	49.61	—	—	49.60
16	Ba	—	—	—	—	—	9.50	—	—	—	—	—	—	—	—	—
17	Br	—	—	—	—	—	—	7.48	—	—	—	—	—	—	—	—
18	V	—	—	—	—	—	—	—	2.61	0.90	—	—	—	—	—	—
19	La	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.01	—	—	—	0.03
20	Cs	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.01	—	—	0.004
21	Al	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.25	—
22	Sn	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.30	0.01

Sumber : Hasil Pengujian di Laboratorium Sentral, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Malang (Juli 2013)

Dari 22, unsur yang terdeteksi sebagaimana disebutkan di atas, hanya 5 unsur yang terdapat pada seluruh sampel yang diteliti yaitu unsur kalsium (Ca), fosfor (P), tembaga (Cu), besi (Fe), dan nikel (Ni). Khusus untuk unsur besi (Fe), menurut Rahadi dan Lusiana (2012) apabila kandungan Fe dalam air melebihi ± 2 mg/liter akan menimbulkan noda-noda pada peralatan, bahan berwarna putih, dan dapat menimbulkan bau. Selain itu konsentrasi yang lebih besar dari 1 mg/liter dapat menyebabkan warna air kemerah-merahan,

memberi rasa tidak enak pada minuman, dapat membentuk endapan pada pipa-pipa logam. Terdeteksinya unsur tembaga (Cu) yang merupakan logam berat pada semua sampel penelitian, memperkuat hasil studi sebelumnya. Penelitian yang dilakukan oleh Samsundari dan Perwira (2011) menyatakan bahwa areal pertambangan di sekitar luapan Lumpur Sidoarjo maupun tubuh udang yang dibudidayakan mengandung logam berat Cu. Penelitian yang dilakukan oleh Juniawan, Rumhayati, dan Ismuyanto (2013) menyatakan

bahwa unsur Cu memiliki fluktuasi yang tinggi di Sungai Aloo yaitu salah satu sungai yang berada di dekat lokasi penelitian ini. Sementara itu, untuk 17 unsur lainnya terdeteksi pada sampel tertentu tetapi tidak mutlak terdeteksi pada sampel yang lain.

Beberapa unsur kimia yang terdeteksi di dalam penelitian ini tetapi belum dideteksi oleh peneliti-peneliti sebelumnya sebagaimana dikemukakan Suprpto, Gunradi, dan Ramli (www.bgl.esdm.go.id/publication), Wahjono (2008), Rosadi (2008), Samsundari dan Perwira (2011), dan Juniawan, Rumhayati, dan Ismuyanto (2013), yaitu unsur-unsur: P, Ni, Zr, Nd, Cr, Ce, Pr, Sc, Sm, Eu, Ba, Br, V, La, Cs, Al, dan Sn. Dari 22 unsur yang terdeteksi berdasarkan uji laboratorium, terdapat 4 unsur yang tidak lazim terkandung di dalam air tanah, yaitu Pr, Nd, Sm, dan Eu. Kelima unsur tersebut di dalam Sistem Periodik Unsur-unsur Kimia termasuk ke dalam Deret Lantanida.

Secara teoritik, sistem geotermal dapat terbentuk oleh pengaruh magmatik menghasilkan larutan hidrotermal yang umumnya mengandung unsur-unsur logam Cu, Pb, Zn, Mn, Fe, Cd, As, Sb, Au, Ag, Hg, dan Se. Sementara itu menurut Danaryanto *et. al.* (2010) komposisi zat terlarut dalam airtanah dapat dikelompokkan menjadi 4 kelompok :

1. Unsur utama (*major constituents*), dengan kandungan 1,0 – 1.000 mg/liter, yaitu: natrium, kalsium, magnesium, bikarbonat, sulfat, klorida, dan silika.
2. Unsur sekunder (*secondary constituents*), dengan kandungan 0,01 – 10 mg/liter, yaitu: besi, strontium, kalium, karbonat, nitrat, flourida, boron.
3. Unsur minor (*minor constituents*), dengan kandungan 0,0001 – 0,1 mg/liter, yaitu: antimon, aluminium, arsen, barium, brom, cadmium, krom, kobalt, tembaga, germanium, yodium, timbal, litium, mangan, molibdenum, nikel, fosfat, rubidium, selenium, titanium, uranium, vanadium, seng.
4. Unsur langka (*trace constituents*), dengan kandungan biasanya kurang dari 0,001 mg/liter, yaitu: berilium, bismut, cerium, cesium, galium, emas, indium, lantanium, niobium, platina, radium, ruthenium, scandium, perak, thalium, tharium, timah, tungsten, yttrium, zirkon.

Unsur-unsur langka yang terdeteksi pada sampel penelitian antara lain Zr, Ce, Sc, Cs, dan Sn. Unsur Zr terdeteksi hampir pada semua sampel kecuali pada Sumur D yang terletak di Kelurahan Gedang Kecamatan Porong. Unsur Ce hanya terdeteksi pada 2 lokasi saja yaitu pada Sumur B (Desa Candipari, Kecamatan Porong) dan Sumur N (Desa Pejarakan, Kecamatan Porong). Unsur Sc terdeteksi pada 4 lokasi yaitu Sumur D (Kelurahan Gedang Kecamatan Porong), Sumur E (Desa Dukuhsari, Kecamatan Jabon), Sumur H (Desa Kebakalan, Kecamatan Porong), Sumur L (Desa

Candipari, Kecamatan Porong), dan Sumur O (Desa Pamotan Kecamatan Porong). Unsur Cs terdeteksi pada 2 lokasi yaitu Sumur L dan Sumur O (Desa Pamotan Kecamatan Porong). Unsur Sn terdeteksi pada lokasi Sumur N (Desa Pejarakan, Kecamatan Porong) dan Sumur O (Desa Pamotan Kecamatan Porong). Lokasi sampel airtanah dangkal yang banyak terdeteksi unsur langka adalah pada sampel Sumur O (Desa Pamotan Kecamatan Porong), yang mengandung 4 unsur langka yaitu Zr = 0,25%, Sc = 1%, Cs = 0,004%, dan Sn = 0,01%.

Danaryanto *et. al.* (2010) menyatakan bahwa ion-ion logam yang biasanya jarang akan tetapi ion ini bersifat sebagai racun antara lain, As, Pb, Sn, Cr, Cd, Hg, dan Co. Unsur-unsur yang dapat bersifat sebagai racun yang terdeteksi pada sampel penelitian adalah Cr dan Sn. Salah satu penyebab keberadaan unsur Cr adalah adanya temperatur yang tinggi (Notodarmojo, 2005 dalam Danaryanto, *et. al.*, 2010). Krom (Cr) terdeteksi pada 10 lokasi sumur dari 15 lokasi sumur yang diteliti, yaitu pada sampel sumur B, C, E, F, G, H, J, L, N, dan O dengan kisaran kandungan 0,01% - 11,56%. Timah (Sn) hanya terdeteksi pada 2 lokasi sumur dari 15 lokasi sumur yang diteliti, yaitu pada sampel sumur N (1,30%) dan Sumur O (0,01%). Secara umum Sumur O (Desa Pamotan Kecamatan Porong) merupakan sumur yang paling banyak mengandung unsur langka dan unsur yang dapat bersifat sebagai racun yaitu 4 unsur langka Zr, Sc, Cs, dan Sn serta 2 unsur yang dapat bersifat sebagai racun yaitu Cr dan Sn.

Pola sebaran kandungan unsur-unsur kimia airtanah di daerah terdampak luapan lumpur Sidoarjo selanjutnya akan dipetakan. Pemetaan dilakukan untuk mengetahui penyebaran kandungan unsur-unsur kimia airtanah dangkal di lokasi penelitian dengan menggunakan bantuan Paket Program *Surfer*. Sejumlah penelitian terdahulu dengan menggunakan Paket Program Komputer *Surfer* untuk pemetaan airtanah diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Waspodo (2002) memetakan transmisivitas dan koefisien tampungan akuifer di wilayah Kecamatan Kertajati Kabupaten Majalengka dengan Program *Surfer* 5.0.
2. Irham, Achmad, dan Widodo (2006) memetakan Sebaran Air Tanah Asin pada Aquifer Dalam di Wilayah Semarang Bawah dengan Program *Surfer* 7.0.
3. Sadjab, As'ari, dan Tanauma (2012) memetakan resistivitas lapisan akuifer dangkal permukaan, dangkal dalam, dan lapisan akuifer dalam di sekitar Candi Prambanan Kabupaten Sleman dengan menggunakan Program *Surfer* 8.0.
4. Siswoyo, Bisri, dan Saves (2013) memetakan sifat-sifat hidraulik airtanah di Cekungan Air Tanah Probolinggo dengan menggunakan Program *Surfer* 9.0.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dengan Alat XRF, diketahui bahwa dari 15 sampel yang diuji, terdeteksi 22 unsur kimia yaitu Na, Ca, P, Cu, Mn, Fe, Ni, Zr, Nd, Cr, Ce, Pr, Sc, Sm, Eu, Ba, Br, V, La, Cs, Al, dan Sn. Dari 22 unsur yang terdeteksi, hanya 5 unsur yang terdapat pada seluruh sampel yang diteliti yaitu unsur kalsium (Ca), fosfor (P), tembaga (Cu), besi (Fe), dan nikel (Ni), sedangkan 17 unsur lainnya terdeteksi pada sampel tertentu tetapi tidak mutlak terdeteksi pada sampel yang lain. Unsur-unsur langka yang terdeteksi pada sampel penelitian antara lain Zr, Ce, Sc, Cs, dan Sn. Terdapat 4 unsur yang tidak lazim terkandung di dalam airtanah, yaitu Pr, Nd, Sm, dan Eu, dimana kelima unsur tersebut di dalam Sistem Periodik Unsur-unsur Kimia termasuk ke dalam Deret Lantanida.

DAFTAR PUSTAKA

- Danaryanto, R.J. Kodoatie, S. Hadipurwo, dan S. Sangkawati. (2010). *Manajemen Air Tanah Berbasis Cekungan Air Tanah*. Pusat Lingkungan Geologi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. Bandung.
- Irham, N.M., R.T. Achmad., dan S. Widodo. (2006). *Pemetaan Sebaran Air Tanah Asin Pada Aquifer Dalam di Wilayah Semarang Bawah*. Berkala Fisika. Vol. 9, No. 3, Juli 2006, Pp. 137–143. eprints.undip.ac.id. Diunduh 4 Mei 2011.
- Juniawan, A., B. Rumhayati, dan B. Ismuyanto. (2013). *Karakteristik Lumpur Lapindo dan Fluktuasi Logam Berat Pb dan Cu pada Sungai Porong dan Aloo*. Jurnal Sains dan Terapan Kimia, Vol. 7 Nomor 1, Januari 2013. Pp. 50–59. fmipa.unlam.ac.id/sainskimia. Diunduh 19 April 2013.
- Rahadi, B. dan N. Lusiana. (2012). *Penentuan Kualitas Air Tanah Dangkal dan Arahan Pengelolaan (Studi Kasus Kabupaten Sumenep)*. Jurnal Teknologi Pertanian, Vol. 13 No. 2, Agustus 2012. Pp. 97–104. Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya. Malang.
- Rosadi, D. (2008). *Kualitas Air Tanah Dangkal di Daerah Lumpur Sidoarjo dan Sekitarnya, Jawa Timur (Setahun Setelah Letusan)*. Buletin Geologi Tata Lingkungan, Volume 18 Nomor 1, April 2008. Pp. 38–50. isjd.pdii.lipi.go.id. Diunduh 4 Mei 2011.
- Sadjab, B.A., As'ari, dan A. Tanauma. (2012). *Pemetaan Akuifer Air Tanah di Sekitar Candi Prambanan Kabupaten Sleman Daerah Istimewa Yogyakarta dengan Menggunakan Metode Geolistrik Tahanan Jenis*. Jurnal MIPA Universitas Sam Ratulangi Online. <http://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jmuo>. FMIPA Universitas Sam Ratulangi. Manado.
- Samsundari, S. dan I.Y. Perwira. (2011). *Kajian Dampak Pencemaran Logam Berat di Daerah Sekitar Luapan Lumpur Sidoarjo Terhadap Kualitas Air dan Budidaya Perikanan*. Jurnal GAMMA, Volume 6 Nomor 2, Maret 2011. Pp. 129–136. ejournal.umm.ac.id. Diunduh 19 April 2013.
- Siswoyo, H., M. Sholichin, M. Taufiq, M.A. Helmy S, Anggara W.W.S., dan Ratih D.A. (2012). *Karakteristik Kimia Airtanah Pada Berbagai Kelompok Akuifer di Cekungan Air Tanah Pasuruan*. Prosiding Seminar Nasional Kimia 2012. Pp. C244–C250. Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Surabaya. Surabaya.
- Siswoyo, H., M. Bisri, dan F. Saves. (2013). *Pemetaan Sifat Hidraulik Akuifer di Cekungan Air Tanah Probolinggo*. Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan, dan Penerapan MIPA. Pp. F75–F80. FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta.
- Suprpto, S.J., R. Gunradi, dan Y.R. Ramli, (----). *Geokimia Sebaran Unsur Logam Pada Endapan Lumpur Sidoarjo*. www.bgl.esdm.go.id/publication. Diunduh 19 April 2013.
- Wahjono, H.D. (2008). *Pemantauan Kualitas Air Sumur Menggunakan Multiprobe Sensor Digital di Wilayah Sekitar Semburan Lumpur Sidoarjo*. JAI, Volume 4 Nomor 2, 2008. Pp. 125–135. ejurnal.bppt.go.id. Diunduh 19 April 2013.
- Waspodo, R.S.B. (2002). *Permodelan Aliran Airtanah pada Akuifer Tertekan dengan Menggunakan Metode Beda Hingga di Kecamatan Kertajati Kabupaten Majalengka*. Buletin Keteknikan Pertanian, Volume 16 Nomor 2, Agustus 2002. Pp. 61–68. Fateta IPB. Bogor.