

## Analisis Ion $Fe^{3+}$ dan Konduktivitas pada Air Sumur di Sekitar TPA Pakusari secara Simultan Menggunakan Metode Sequential Injection Analysis

(*Simultaneous analysis of  $Fe^{3+}$  and conductivity on Well Water Around TPA Pakusari Using Sequential Injection Analysis Method*)

Mindarti Sartikasari, Tri Mulyono, Yeni Maulidah Muflihah  
Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember (UNEJ)  
Jln. Kalimantan 37, Jember 68121  
E-mail: aztrimulyono@yahoo.com

### Abstrak

Analisis  $Fe^{3+}$  dan konduktivitas pada air sumur di sekitar TPA Pakusari perlu dilakukan untuk mengetahui kualitas perairan. Penelitian ini mengembangkan metode penentuan konsentrasi  $Fe^{3+}$  dan konduktivitas secara simultan dan otomatis dengan menggunakan *Sequential Injection Analysis (SIA)*. Desain SIA dibuat dengan cara menghubungkan *syringe pump*, *selection valve* dan kuvet FIA dengan menggunakan pipa kapiler PTFE, sedangkan konduktometer dihubungkan langsung dengan komputer. Salah satu parameter yang memengaruhi metode ini yaitu volume reagen (KSCN 2M) dan laju alir analit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa laju alir optimum pada 100  $\mu\text{L/s}$  dan volume KSCN 2M optimum pada 6  $\mu\text{L}$ . Metode ini diaplikasikan langsung untuk menentukan kualitas perairan di sekitar TPA Pakusari. Pengambilan sampel diambil delapan titik di sekitar TPA Pakusari diperoleh hasil bahwa titik 30 meter sebelah utara penampungan air lindi memiliki konsentrasi  $Fe^{3+}$  melebihi ambang batas yang telah ditetapkan KEPMENKES.RI.No. 907/MENKES/SK/VII/2002 dengan konduktivitas yang lebih tinggi dibandingkan air sumur yang lain.

**Kata Kunci:**  $Fe^{3+}$ , simultan, SIA, konduktivitas, air lindi

### Abstract

*Analysis of  $Fe^{3+}$  and conductivity of the water wells around TPA Pakusari needs to be done to determine the quality of the water. This study developed a method of determining the concentration of  $Fe^{3+}$  and conductivity simultaneously and automatically using sequential injection analysis (SIA). SIA design is made by connecting a syringe pump, valve selection and cuvette FIA using a PTFE capillary tube, while konduktometer connected directly to the computer. One of the parameters that affect this method is that the volume of reagent (KSCN 2M) and the flow rate of the analyte. The results showed that the optimum flow rate at 100  $\mu\text{L/s}$  and the volume of KSCN 2M optimum is 6  $\mu\text{L}$ . This method was applied immediately to determine the water quality around the TPA Pakusari. Sampling taken eight points around TPA Pakusari result that a point 30 meters north shelter leachate experienced concentrations of  $Fe^{3+}$  exceeds the threshold that has been set KEPMENKES.RI.No.907/MENKES/SK/VII/2002 with higher conductivity than the other wells.*

**Keywords:**  $Fe^{3+}$ , simultaneously, SIA, conductivity, leachate

### PENDAHULUAN

Peningkatan jumlah penduduk dan keragaman aktivitas mengakibatkan munculnya berbagai masalah. Salah satu masalah yang ditimbulkan adalah masalah sampah. Diperkirakan hanya sekitar 60 % sampah di kota-kota besar di Indonesia yang dapat terangkut ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA) untuk dimusnahkan. Cara pemusnahan limbah yang paling banyak digunakan pada beberapa TPA adalah metode *landfill*. Metode *landfill* merupakan metode pemusnahan dengan cara penumpukan sampah pada tanah yang rendah agar sampah membusuk menjadi bahan organik [1]. TPA Pakusari yang terletak di Desa Kertosari Kecamatan Pakusari merupakan salah satu TPA yang menerapkan metode *landfill*. Metode ini banyak dipilih karena biayanya relatif murah, pengoperasiannya mudah dan semua limbah dapat tertampung. Selain kelebihan yang telah dituliskan diatas, metode ini juga memiliki kelemahan

yaitu menghasilkan air lindi yang mengandung bahan-bahan organik dan logam berat sehingga mencemari air tanah. Logam berat yang terdapat dalam air lindi salah satunya adalah logam Fe [2].

Logam Fe pada perairan terdapat dalam dua jenis yaitu, ion ferro dan ion ferri. Ion ferro merupakan jenis besi yang sering terdapat dalam air tanah karena air tanah tidak berhubungan dengan oksigen dari atmosfer [3]. Ion ferro ini relatif tidak stabil karena cenderung untuk berubah menjadi ion ferri [4].

Ion ferri maupun ferro yang terdapat pada air lindi akan meresap ke dalam air tanah. Air tanah pada umumnya digunakan untuk keperluan sehari-hari dengan cara membuat sumur. Air sumur merupakan jenis air tanah yang banyak dimanfaatkan oleh masyarakat di sekitar TPA Pakusari [4].

Keberadaan ion-ion besi pada air sumur tidak berbahaya selama tidak melebihi ambang batas, tetapi jika berlebihan

dapat berdampak negatif, seperti menyebabkan ketidakseimbangan logam di dalam tubuh, menyebabkan air berwarna kemerahan, karat pada peralatan logam, memudarkan bahan celupan (*dyes*) dan tekstil, serta menyebabkan air berasa logam [4].

Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya [5] dan [6], mereka menyatakan bahwa air sumur di TPA dengan sistem *landfill* mengandung besi namun masih berada pada ambang batas, meskipun diprediksi akan mengalami peningkatan konsentrasi besi diwaktu yang akan datang. Peneliti lainnya [7] telah melakukan penelitian tentang air sumur galian disekitar TPA Muara Fajar menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spectrometer*), konsentrasi besi pada air sumur di sekitar TPA tersebut melampaui ambang batas yang ditetapkan oleh WHO.

Pencemaran air sumur oleh air lindi juga dapat diukur berdasarkan konduktivitasnya. Berdasarkan penelitian [8] tentang pengukuran konduktivitas perairan di sekitar TPA Ciparay dengan metode geolistrik resistivitas didapatkan hasil bahwa konduktivitas air di dekat TPA lebih tinggi dibandingkan daerah jauh dari TPA tersebut. Air lindi memiliki konduktivitas lebih tinggi apabila dibandingkan dengan air tanah. Hasil penelitian lainnya [9] juga melakukan penelitian dengan metode yang sama di TPA Pakusari, diperoleh hasil bahwa peresapan air lindi pada air sumur di sekitar TPA Pakusari dengan nilai konduktivitas cukup besar.

Pengontrolan penyebaran air lindi ini dapat dilakukan dengan berbagai metode. Metode yang dapat digunakan adalah penentuan konsentrasi  $Fe^{3+}$  dan konduktivitasnya. Metode yang umum digunakan pada analisis konsentrasi  $Fe^{3+}$  adalah metode spektrofotometri visibel, sedangkan konduktivitas sampel dapat diukur dengan konduktometer. Kedua analisis ini umumnya dilakukan dengan metode manual seperti yang dilakukan oleh Fikriyah (2013). Metode manual ini membutuhkan sampel dan reagen yang sangat banyak. Metode ini juga mengalami kontaminasi yang besar dari lingkungan sehingga memerlukan pengontrolan yang ketat. Metode ini memiliki sensitivitas yang rendah, sehingga untuk mengatasi hal ini digunakan metode *online* dan otomatis yaitu *sequential injection analysis* (SIA). SIA hanya memerlukan jumlah reagen yang sangat sedikit, analisis secara cepat dan otomatis, serta menghasilkan limbah yang jumlahnya sedikit sehingga analisis menggunakan metode ini akan menghemat pemakaian reagen dan ramah lingkungan [10]. Rujukan [11] menyatakan bahwa penggunaan metode SIA spektrofotometer visibel dapat menjadi metode baru yang dapat mengurangi usaha dan waktu.

Pengukuran konduktivitas dan konsentrasi  $Fe^{3+}$  secara simultan menggunakan metode SIA akan menghemat waktu dan pemakaian reagen, sehingga penulis memilih untuk mendeteksi  $Fe^{3+}$  dan konduktivitas secara simultan pada air sumur di sekitar TPA Pakusari menggunakan metode SIA (*Sequential Injection Analysis*). Penelitian ini akan melakukan optimasi laju alir, volume reagen, dan pengukuran konsentrasi  $Fe^{3+}$  dan konduktivitasnya.

## METODE PENELITIAN

*Syringe pump*, *selection valve* dan kuvet FIA dihubungkan satu sama lain menggunakan pipa kapiler PTFE dengan panjang 1 meter. Kuvet FIA yang telah terhubung dengan instrumen selanjutnya dimasukkan ke dalam spektrofotometer visibel. Setiap valve dipasang pipa kapiler PTFE dengan panjang 20 cm., sedangkan webcam PC dan konduktometer dihubungkan langsung pada komputer.

Pengukuran panjang gelombang maksimum untuk kompleks  $[Fe(SCN)_6]^{3-}$  dilakukan dengan mengukur absorbansi larutan standar besi (III) 0,5 ppm yang telah ditambahkan dengan 0,3 mL  $HNO_3$  4M dan 0,5 mL KSCN 2M pada panjang gelombang 400-700 nm dengan menggunakan spektrofotometer visibel.

Optimasi volume reagen dilakukan dengan cara menghisap 30 larutan standar besi (III) 0,5 ppm kemudian tambahkan 2  $\mu$ L KSCN 2M. Analit dialirkan ke detektor dengan laju alir 100 dan di ukur pada panjang gelombang 480 nm dengan spektrofotometer visibel. Pengukuran diulang untuk volume KSCN 4, 6, 8 dan 10  $\mu$ L.

Optimasi volume reagen dilakukan dengan cara menghisap 30  $\mu$ L larutan standar besi (III) 0,05 ppm ditambahkan dengan reagen 6  $\mu$ L KSCN 2 M. Kemudian dialirkan ke detektor dengan variasi laju 141, 100, 58 dan 17  $\mu$ L/s.

Pembuatan kurva kalibrasi  $Fe^{3+}$  dilakukan dengan cara menghisap 30  $\mu$ L larutan standar besi (III) 0,05 ppm ke dalam *holding coil* ditambahkan dengan KSCN 2 M dengan volume hasil optimasi. Selanjutnya dialirkan ke detektor dengan laju alir hasil optimasi. Absorbansi diukur pada panjang gelombang maksimum. Pengukuran yang sama dilakukan pada larutan standar 0,05; 0,1; 0,5; 1,0; 1,5 dan 2,0 ppm kemudian dibuat kurva kalibrasi yang merupakan hubungan antara absorbansi dengan konsentrasi.

Kalibrasi konduktometer dilakukan dengan cara memasukkan elektroda konduktometer ke dalam larutan KCl 0,01 M sampai pada alat terbaca 1413  $\mu$ S/cm.

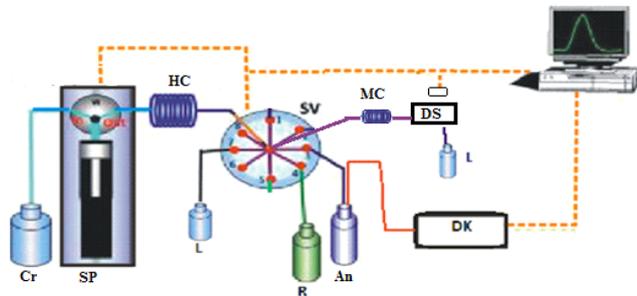
Penentuan konduktivitas dan konsentrasi  $Fe^{3+}$  pada sampel air sumur. Sampel air sumur disiapkan 20 mL, selanjutnya dimasukkan ke dalam gelas beaker 50 mL. Konduktometer dan selang pengambil sampel dimasukkan dalam gelas beaker, selanjutnya dilakukan pengaturan sampel pada spektrofotometer. Proses pengaturan selesai selanjutnya dilakukan pengukuran dengan pengontrolan oleh komputer. Setelah pengukuran selesai akan diperoleh dua data, konduktivitas dan konsentrasi  $Fe^{3+}$ .

Tahap selanjutnya adalah karakterisasi pengukuran yaitu menentukan daerah linier, limit deteksi dan limit kuantisasi, sensitivitas dan reproduibilitas.

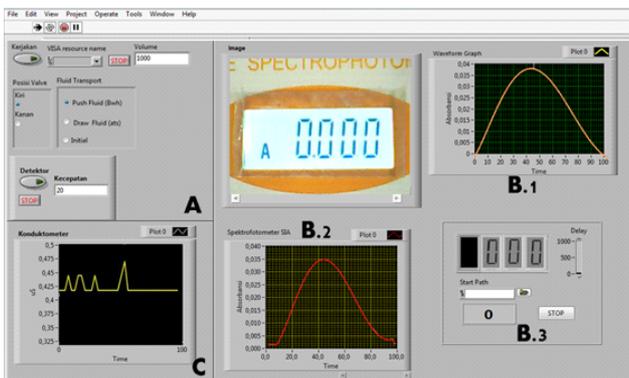
## HASIL PENELITIAN

Rangkaian SIA spektrofotometer-konduktometer ini terdiri dari beberapa komponen yaitu *syringe pump*, kamera webcam PC, *selection valve*, kuvet FIA, konduktometer, pipa kapiler PTFE dengan diameter 0,8 mm, gelas beaker, dan komputer yang terinstal *software labview 12*. *Syringe pump*, *selection valve* dan kuvet FIA dihubungkan satu

sama lain menggunakan pipa kapiler PTFE, kemudian kamera webcam PC yang berfungsi sebagai perekam absorbansi, dihubungkan langsung pada komputer. Konduktometer yang digunakan untuk menentukan daya hantar listrik sampel langsung dihubungkan dengan komputer. Cara kerja instrumen dapat dilihat pada tabel 1, sedangkan untuk skema rangkaian alat dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 1. Skema rangkaian SIA spektrofotometer – konduktometer



Gambar 2. Tampilan halaman kerja software labview

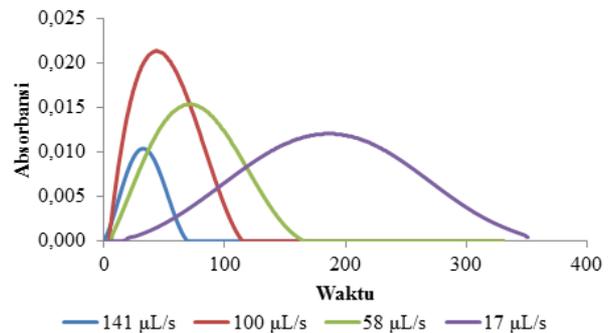
Bagian B merupakan tampilan untuk spektrofotometer visibel, pada bagian *image* berguna untuk memunculkan gambar absorbansi hasil rekaman kamera webcam PC yang selanjutnya akan dibaca oleh sistem dan menghasilkan grafik yang ditampilkan pada bagian B.1 dan B.2. Selama spektrofotometer bekerja, bagian C juga melakukan pembacaan data konduktivitas, bagian C akan menampilkan hasil pembacaan data pada monitor. Apabila proses penelitian selesai maka data akan tersimpan dalam bentuk file ini dapat di baca oleh *notepad*, *wordpad* maupun *microsoft word*.

Tabel 1. Sistem protokol untuk auto sistem SIA spektrofotometer-konduktometer

Langkah	Sistem Protokol	Deskripsi Analitis
1	bagian A mulai	memulai pengaturan pada spektrofotometer <i>visibel</i>
2	pindah ke posisi 3	menghubungkan An dengan SP
3	PK 30 µL (on)	pengambilan sampel
4	pindah ke posisi 4	R terhubung dengan SP
5	PK 6 µL (on)	pengambilan reagen KSCN
6	SP off	SP terhubung dengan Cr
7	PK hingga SP penuh	pengambilan HNO <sub>3</sub> hingga 5 mL
8	pindah ke posisi 6 (on)	Menghubungkan SP dengan DS
9	DP 5 mL pada kecepatan 100 mL/s	secara otomatis bagian A berhenti bekerja dan bagian bagian B dan C akan aktif
10	mulai pengukuran (A=480, R <sub>t</sub> =100 µL/s )	pengukuran absorbansi dan konduktivitas
11	bagian B dan C diakhiri	diperoleh data hasil pengukuran dalam bentuk file.

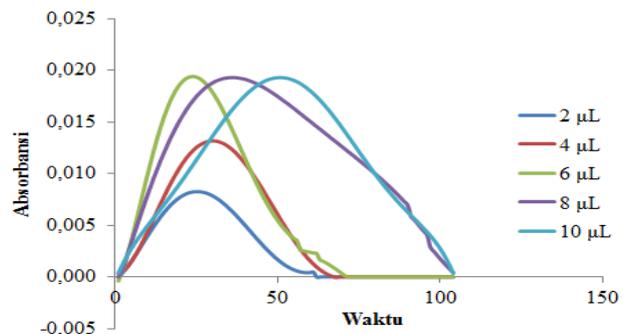
PK: Pickup (pengambilan) R : reagen KSCN  
 DP: Dispensed (pengeluaran) SP : Syringe Pump  
 DS: Detektor Spektrofotometer Cr : Carrier  
 A :Bagian A pada monitor (Gambar 2) An : Analit  
 B :Bagian B pada monitor (Gambar 2)  
 C :Bagian C pada monitor (Gambar 2)  
 On: Syringe pump terhubung sistem  
 Off :Syringe pump terhubung Carrier

Pemilihan laju alir optimum ini didasarkan pada besarnya absorbansi dan bentuk puncak yang memiliki *tailing* lebih kecil serta waktu pengukuran yang relatif cepat. Proses dispersi laju alir 100 µL/s terjadi paling baik, dimana akan menghasilkan nilai absorbansi yang tinggi dengan waktu pengukuran relatif cepat.



Gambar 3. Optimasi laju alir pada metode SIA pada spektrofotometer visibel

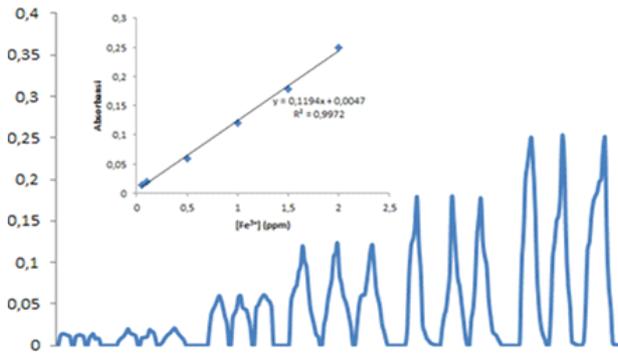
Hasil optimasi laju alir menunjukkan bahwa KSCN dengan volume 6 µL merupakan volume optimum karena waktu yang relatif lebih cepat dengan absorbansi tinggi. KSCN dengan volume 6 µL akan membentuk dispersi paling optimum dengan sampel. Penambahan KSCN pada



Gambar 4. Optimasi Volume KSCN pada metode SIA dengan spektrofotometer visibel

Volume 8 dan 10 µL memiliki absorbansi yang hampir sama dengan volume 6 µL namun waktu pengukuran lebih lama menunjukkan bahwa adanya KSCN berlebih pada reaksi tersebut. Penambahan volume KSCN 2 dan 4 µL memiliki absorbansi yang lebih rendah, karena pada volume tersebut KSCN yang terdispersi sedikit sehingga absorbansi yang dihasilkan juga kecil.

Karakterisasi pengukuran untuk penelitian ini penentuan daerah, sensitivitas, limit deteksi, limit kuantisasi dan reproduibilitas. Konsentrasi 0,05 ppm - 2 ppm memenuhi daerah linier dengan nilai regresi sebesar 0,997.



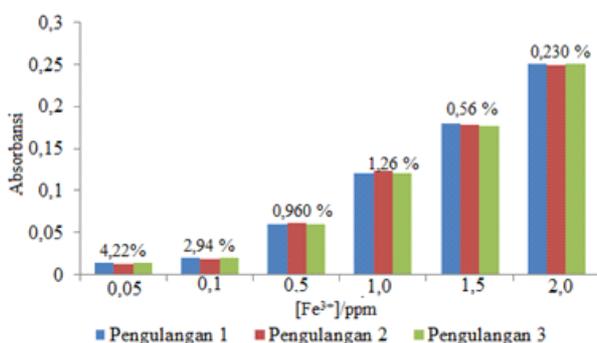
Gambar 5. Kurva kalibrasi larutan standar  $Fe^{3+}$  pada panjang gelombang maksimum 480 nm

Hubungan linear ini menunjukkan bahwa besarnya konsentrasi  $Fe^{3+}$  sebanding dengan absorbansi, dimana semakin besar konsentrasi maka nilai absorbansi juga semakin besar pula. Besarnya regresi yang diperoleh menunjukkan bahwa 99,7 % perubahan absorbansi disebabkan oleh konsentrasi  $Fe^{3+}$ , sedangkan 0,3 % dijelaskan oleh variabel lain.

Nilai sensitivitas untuk  $Fe^{3+}$  adalah sebesar 0,119 yang diperoleh dari kurva kalibrasi sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 5. Nilai sensitivitas ini menunjukkan bahwa setiap perubahan absorbansi terhadap perubahan konsentrasi adalah memberikan respon sebesar 0,119.

Limit deteksi untuk spektrofotometer visibel dengan menggunakan sistem SIA ini dapat mendeteksi analit dengan konsentrasi  $Fe^{3+}$  sebesar 0,0095 ppm. Apabila konsentrasi analit lebih rendah dari 0,0095 ppm, spektrofotometer tidak dapat menghasilkan respon yang signifikan. Sedangkan nilai LOQ sebesar 0,032 ppm artinya  $Fe^{3+}$  pada konsentrasi tersebut jika dilakukan pengukuran masih dapat memberikan kecermatan analisis.

Reprodusibilitas merupakan pengulangan pengukuran yang dilakukan pada hari yang berbeda. Reprodusibilitas alat dalam mendeteksi sampel dikatakan baik apabila nilai Koefisien variasi (Kv) kurang dari 16 %. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai Kv terendah pada pengukuran larutan standar adalah 0,56 % pada konsentrasi 1,5 ppm dan nilai Kv tertinggi adalah 0,05 ppm dengan nilai sebesar 4,22 %.



Gambar 6. Reprodusibilitas pada  $Fe^{3+}$  dengan menggunakan metode SIA

Hasil penelitian kualitas air sumur di sekitar TPA Pakusari berdasarkan logam  $Fe^{3+}$  menunjukkan bahwa

koncentrasi ion  $Fe^{3+}$  masih dalam batas aman, memiliki nilai lebih kecil dari baku mutu air yang ditetapkan KEPMENKES.RI No. 907/MENKES/SK/VII/2002 yaitu 0,3 ppm. Hal ini menunjukkan bahwa peresapan air lindi pada sumber air warga masih cukup rendah. Hal ini dikarenakan kolam penampungan air lindi merupakan tempat terbuka yang bersifat aerob sehingga besi akan teroksidasi menjadi ion ferri dan berikatan dengan hidroksida yang membentuk  $Fe(OH)_3$  yang tidak larut dan membentuk endapan, sehingga besi yang meresap dalam jumlah kecil. Data hasil pengukuran ion  $Fe^{3+}$  untuk penentuan kualitas air sumur di sekitar TPA Pakusari menunjukkan bahwa konsentrasi  $Fe^{3+}$  tertinggi yaitu pada sumur C yang terletak meter didalam lokasi TPA Pakusari dengan nilai konsentrasi sebesar 4,39 ppm. Konsentrasi  $Fe^{3+}$  yang terdapat pada sumur D sampai sumur J memiliki konsentrasi dibawah baku mutu air dengan konsentrasi antara 0,114- 0,0187 ppm (Tabel 2).

Konduktivitas air menunjukkan kemampuan air untuk meneruskan aliran listrik, dimana konduktivitas ini dipengaruhi oleh adanya ion-ion yang terdapat dalam perairan tersebut. Perairan alami seperti air sumur memiliki konduktivitas 20-1500 [11]. Sampel C yang diambil dari sumur yang berjarak 30 meter dari penampungan lindi, memiliki konduktivitas tinggi dibanding sumur warga namun masih dalam batas aman. Hal ini dapat menunjukkan bahwa ion-ion pada air sumur warga lebih rendah dibanding air sumur yang terletak di dalam TPA.

Tabel 2. Konduktivitas dan konsentrasi  $Fe^{3+}$  pada air sumur di sekitar TPA Pakusari

Sampel	Lokasi	Konduktivitas ( $\mu S/cm$ )	Konsentrasi $Fe^{3+}$ dalam sampel (ppm)
C	30 m ke arah utara	713,491	0,439
D	50 m ke arah barat	254,436	0,114
E	50 m ke arah selatan	243,450	0,122
F	100 m ke arah selatan	241,537	0,146
G	150 m ke arah selatan	269,769	0,163
H	175 m ke arah selatan	240,777	0,122
I	100 m ke arah utara	265,491	0,130
J	150 m ke arah utara	259,890	0,187

Jarak sumur warga terhadap penampungan air lindi tidak ada hubungan yang signifikan, karena keberadaan ion-ion pada air sumur tersebut tidak hanya dipengaruhi oleh keberadaan air lindi namun juga dipengaruhi oleh keadaan lingkungannya, seperti adanya persawahan dan kegiatan sehari-hari lainnya. Berdasarkan Tabel 2, tidak ada korelasi antara konduktivitas dengan besarnya konsentrasi  $Fe^{3+}$ . Hal ini dikarenakan konduktivitas air sumur tersebut tidak hanya dipengaruhi oleh ion  $Fe^{3+}$  namun juga ion logam lainnya.

## KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapat dari penelitian ini antara lain: telah berhasil dirakit instrumen SIA spektrofotometer-konduktometer untuk analisis secara simultan ion  $Fe^{3+}$  dan konduktivitas. Laju alir yang digunakan pada metode SIA spektrofotometer adalah 100  $\mu L/s$  dan volume KSCN sebesar 6  $\mu L$ .

Air sumur disekitar TPA Pakusari memiliki kadar  $Fe^{3+}$  yang relatif rendah yaitu antara 0,114 – 0,187 ppm. Sumur C yang berada di dalam TPA Pakusari ini memiliki kadar  $Fe^{3+}$  lebih tinggi, yaitu 0,414 ppm. Konduktivitas air sumur disekitar TPA Pakusari memiliki nilai antara 243,450 – 265,491  $\mu$ S/cm, kecuali sumur C yang memiliki konduktivitas cukup tinggi yaitu 713,491  $\mu$ S/cm.

Saran dari penelitian ini yaitu, perlu dilakukan teknik sampling yang lain untuk menunjang hasil penelitian ini dan beberapa parameter kualitas air lainnya.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada pengelola TPA Pakusari dan FMIPA Universitas Jember yang telah memberikan izin dan fasilitas atas terlaksananya penelitian ini.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sudarmaji. 2004. *Buku Ajar Pengantar Ilmu Lingkungan*. Jember: Penerbit Universitas Jember.
- [2] Himmah, N.F, Aminudi dan Milala, F.B. 2009. Potensi Limbah Air Lindi oleh *Pseudomonas fluorescens* sebagai Prebiotik Tanaman. *Program Kreativitas Mahasiswa*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- [3] Rukaesih, A. 2004. *Kimia lingkungan*. Yogyakarta: ANDI.
- [4] Fikriyah. K.T. 2013. Penentuan Kadar Besi di Air Sumur Perkotaan, Pedesaan dan Dekat Persawahan di Daerah Jember secara Spektrofotometri UV-Vis. *Skripsi*. Jember: Universitas Jember.
- [5] Iriani, L. G. 2014. Analisis Kualitas Air Tanah Bebas di Sekitar TPA Banyuroto Desa Banyuroto Kecamatan Nanggulan Kabupaten Kulon Progo Yogyakarta. *Skripsi*. Yogyakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- [6] Tambunan, M.A., Abidjulu, J., dan Wuntu, A. 2015. Analisis Fisika-Kimia Air Sumur di Tempat Pembuangan Akhir Sumompo Kecamatan Tuminting Manado. *Jurnal Mipa Unsrat Online*, 4 (2) 153-156.
- [7] Nasution, H. I. 2012. Analisis kandungan logam berat besi (Fe) dan seng (Zn) pada air sumur gali disekitar tempat pembuangan akhir sampah. *Jurnal Sainika*, 12(2): 165-169.
- [8] Hasanah, Ardhi, Iriyanti dan Ferani. 2015. Analisis Geokimia dan Metode Geolistrik Resistivitas 2D Untuk Mengetahui Aliran Lindi di TPA Babakan Ciparay. *Chimica et Natura Acta*, 3(1):6-10.
- [9] Mansurudi, A. 2005. Aplikasi Metode Geolistrik Resistivitas untuk Menentukan Letak Akumulasi Rembesan Polutan Sampah di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Pakusari, Jember. *Skripsi*. Jember: Universitas Jember.
- [10] Ruzicka, J dan Marshall, G.D. 1990. Sequential Injection: a new concept for chemical sensors, process analysis and laboratory assays. *Anal Chim Acta*, 237: 329-343.
- [11] Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya Alam Lingkungan Perairan*. Jakarta: Kanisius.