

Pengembangan Spektrofotometri Menggunakan *Fiber Coupler* Untuk Mendeteksi Ion Kadmium Dalam Air

Pujiyanto, Samian dan Alan Andriawan.

**Program Studi S1 Fisika, Departemen Fisika, FST Universitas Airlangga, Surabaya
60115.**

Abstrak

Pengembangan spektrofotometri menggunakan *fiber coupler* untuk mendeteksi ion kadmium dalam air telah dilakukan. Prinsip kerja spektrofotometri ini didasarkan pada serapan bahan terhadap radiasi gelombang elektromagnetik. Sumber cahaya yang digunakan adalah laser hijau dengan panjang gelombang 532 ± 5 nm yang merupakan panjang gelombang serapan ion kadmium. Pengukuran konsentrasi ion kadmium dalam air dilakukan dengan mendeteksi perubahan daya optis cahaya keluaran laser setelah melewati sampel. Perubahan daya optis cahaya keluaran laser tersebut direpresentasikan melalui perubahan tegangan keluaran detektor optis. Dalam penelitian ini sampel dibuat dengan melarutkan $CdCl_2$ dalam pelarut *Dithizon*. Variasi konsentrasi dibuat mulai dari konsentrasi 0.01-6 ppm dengan perubahan konsentrasi terkecil 0.01 ppm. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa sistem spektrofotometri ini mampu mendeteksi konsentrasi ion kadmium 0.01-6 ppm dengan tiga daerah ukur (daerah linier). Daerah linier I mampu mendeteksi perubahan konsentrasi sebesar 0.01 ppm dengan jangkauan 0-0.1 ppm. Daerah linier II mampu mendeteksi perubahan konsentrasi sebesar 0.1 ppm dengan jangkauan 0.1-1 ppm. Dan daerah linier III mampu mendeteksi perubahan konsentrasi sebesar 1 ppm dengan jangkauan 1-6 ppm.

Kata kunci : *fiber coupler*, spektrofotometri dan larutan kadmium

PENDAHULUAN

Air sering tercemar oleh komponen- komponen anorganik antara lain berbagai logam berat yang berbahaya. Salah satu jenis logam berat yang berbahaya adalah Kadmium (Cd). Kadmium (Cd) banyak ditemukan dalam limbah-limbah pabrik alat- alat listrik, zat pewarna, keramik, dan industri kimia. Batas maksimum konsentrasi kadmium (Cd) dalam air sekitar $5\mu\text{g/l}$ (setara dengan $0,005\text{ ppm}$). Karena batasan konsentasi maksimum kadmium (Cd) yang diperbolehkan dalam air sangat kecil, maka diperlukan metode yang tepat dan teliti dalam menentukan keberadaan Kadmium (Cd) di dalam air. Metode pengujian kualitas air menggunakan metode spektrofotometri serat optis telah berhasil dikembangkan, dengan peralatan sederhana dan berketelitian tinggi.

Pada penelitian sebelumnya telah dikembangkan metode spektrofotometri serat optik untuk mengukur kadar ion timbal (Pb) dan kadmium (Cd) secara bersamaan (Rani, 2008). Penelitian tersebut menggunakan metode transmisi dengan menggunakan serat optik dengan diameter *core* yang seragam. Metode ini memiliki kelemahan, karena cahaya yang ditransmisikan sebagian akan dibiaskan. Semakin besar konsentrasi, berpengaruh terhadap indeks bias cairan tersebut, sehingga cahaya yang ditransmisikan semakin kecil karena sebagian terbiaskan. Kelemahan metode tersebut dapat diatasi dengan cara menggunakan dua serat optik berdiameter *core* berbeda sebagai sensor. Penelitian lanjutan yang menggunakan dua serat optik berdiameter berbeda telah dilakukan oleh Wahyunik tahun 2010 untuk mendeteksi sampel ion timbal (Pb^{2+}) dalam air. Penyebab penelitian tersebut masih memiliki kelemahan karena membutuhkan jumlah sampel yang relatif banyak.

Dalam penelitian ini digunakan *fiber coupler* sebagai pemandu sumber cahaya. Sampel diletakkan di atas preparat tanpa menggunakan kuvet agar sampel yang akan digunakan sebagai bahan uji tidak terlalu banyak seperti yang dilakukan pada penelitian sebelumnya.

Pada makalah ini akan diperlihatkan pengembangan spektrofotometri menggunakan *fiber coupler* untuk mendeteksi ion kadmium dalam air. Perubahan daya serap larutan seiring dengan perubahan konsentrasinya diharapkan dapat memperlihatkan bahwa metode ini dapat digunakan untuk mengukur konsentrasi ion kadmium dalam air.

METODE PENELITIAN

Pembuatan sampel dibuat dengan pembuatan larutan induk terlebih dahulu agar mudah untuk pembuatan sampel dengan konsentrasi yang berbeda. Konsentrasi larutan dalam penelitian ini dibuat dalam orde part per million (*ppm*) atau 1 mg/L. Larutan kadmium induk 1000 *ppm* sebanyak 1000 mL dibuat dari 1630 mg kadmium klorida ($CdCl_2$) yang mempunyai berat molekul 183,4 yang dilarutkan dalam aquades. Larutan induk *Dithizon* 1000 *ppm* dibuat dengan melarutkan 1000 mg *Dithizon* yang dilarutkan dalam 1000 mL aquades sebagai pelarutnya. Larutan kadmium dan larutan *Dithizon* dengan konsentrasi 0.01-6 *ppm* dibuat dengan cara pengenceran dari larutan induk 1000 *ppm* yang diberikan pada persamaan dibawah ini.

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

Keterangan :

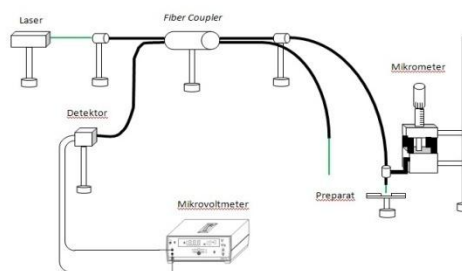
V_1 = Volume sebelum pengenceran

V_2 = Volume setelah pengenceran

M_1 = Konsentrasi sebelum pengenceran

M_2 = Konsentrasi setelah pengenceran

Set up alat diperlihatkan pada gambar 1. Sensor pada penelitian ini menggunakan laser hijau sebagai sumber cahaya. Cahaya dilewatkan pada *fiber coupler* menuju sampel yang berada pada preparat (cermin). Mikrometer posisi berfungsi untuk memfokuskan jarak antara *fiber coupler* dan sampel, serta untuk mempermudah dalam penggantian sampel. Berkas cahaya yang mengenai sampel akan mengalami peristiwa absorpsi dan kemudian dipantulkan kembali menuju detektor fotodiode dimana nilai intensitas yang dihasilkan akan diubah menjadi tegangan yang kemudian akan dibaca melalui mikrovoltmeter.

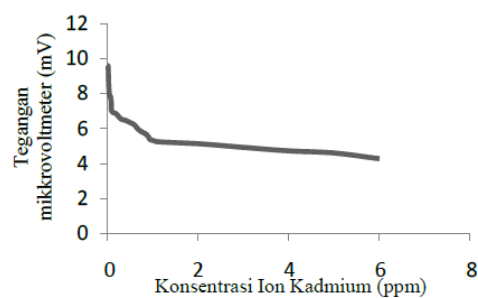


Gambar 1. Set-up penelitian sensor konsentrasi ion kadmium dalam air.

Pendeteksian dilakukan terhadap beberapa variasi konsentrasi larutan antara 0.01-6 ppm.

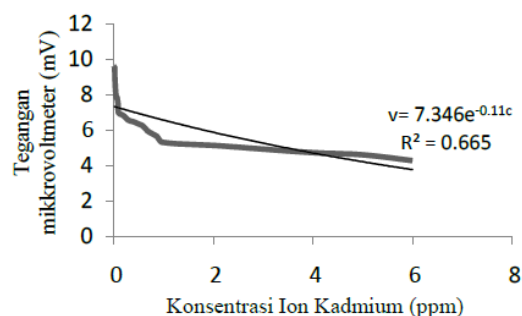
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian pengukuran konsentrasi ion kadmium (Cd) dalam air menghasilkan data berupa tegangan keluaran detektor sebagai fungsi dari konsentrasi ion kadmium (Cd) dalam air. Plot grafik tegangan detektor terhadap konsentrasi ion kadmium (Cd) diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik tegangan keluaran detektor sebagai fungsi konsentrasi larutan kadmium dalam air.

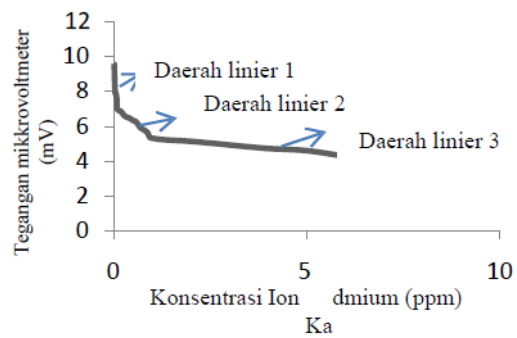
Berdasarkan hukum Beer-Lambert, radiasi yang ditransmisikan merupakan fungsi eksponensial dari radiasi yang mengenai bahan. Oleh karena itu data pada Gambar 2 akan diuji dengan regresi eksponensial. Hasil regresi eksponensial tersebut dapat dilihat pada Gambar 3



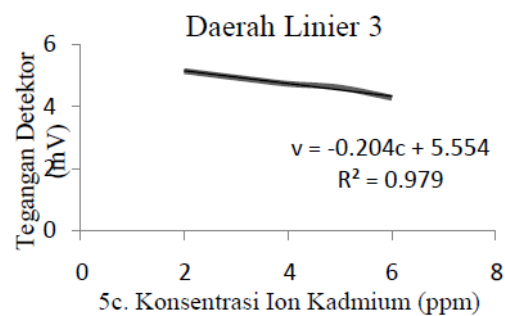
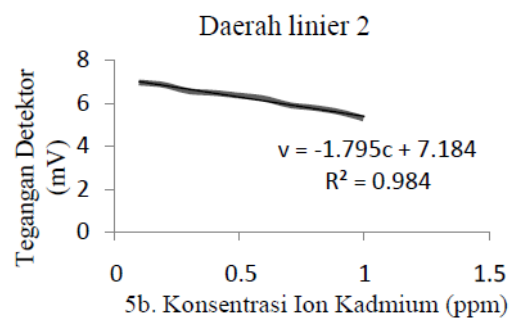
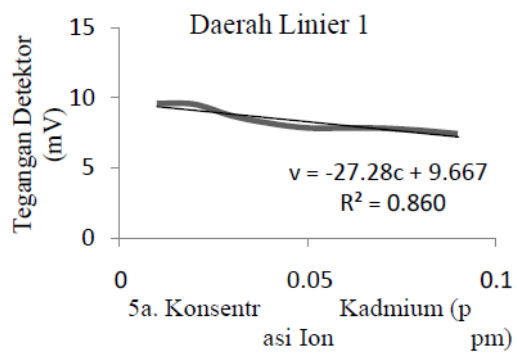
Gambar 3 diuji dengan regresi linier.

Dari hasil regresi eksponensial di atas didapatkan persamaan $v = 7,346e^{-0,11 c}$ dengan faktor korelasi $R^2=0,665$. Hasil regresi eksponensial tersebut sesuai dengan hukum Beer-Lambert, akan tetapi tidak dapat digunakan untuk mendeteksi keberadaan ion kadmium dalam air. Untuk mencapai hal tersebut, maka data pada

Berdasarkan Gambar 3 terlihat bahwa hubungan antara tegangan keluaran detektor dengan konsentrasi ion kadmium (Cd) tidak linier. Untuk mengetahui bahwa tegangan detektor terhubung linier dengan konsentrasi, maka plot data yang tidak linier dipotong sehingga diambil daerah linier. Daerah linier yang masing-masing ditunjukkan pada Gambar 5a- Gambar 5c. Daerah linier 1 berada pada rentang konsentrasi 0.01-0.09 ppm. Plot daerah linier 1 menghasilkan persamaan regresi linier $v = -27.28c + 9.667$. Daerah linier 2 berada pada rentang 0.1-1 ppm. Plot daerah linier 2 menghasilkan persamaan regresi linier $v = -1.795c + 3.025$. Daerah linier 3 berada pada rentang 2-6 ppm. Plot daerah linier 3 menghasilkan persamaan regresi linier $v = -0.204c + 5.554$.



Gambar 4. Grafik pengambilan daerah linier.



Gambar 5. Grafik pengambilan daerah linier sensor (5a) 0-0.09 ppm dan (5b) 0.1-0.9 ppm (5c) 1-6 ppm.

Tabel 1. Parameter pengukuran konsentrasi kadmium dalam air menggunakan *fiber coupler*.

Daerah Ukur (<i>ppm</i>)	Perubahan Konsentrasi Terkecil (<i>ppm</i>)	Sensitivitas (Volt/ <i>ppm</i>)
0.01-0.09	0.01	27.28
0.1-0.9	0.1	1.795
1-6	1	0.204

Berdasarkan Gambar 5a-Gambar 5c dapat diketahui bahwa daerah linier 1 lebih sensitif daripada daerah linier 2. Daerah linier 2 lebih sensitif daripada daerah linier 3. Dalam eksperimen pengembangan spektrofotometri, resolusi konsentrasi ion kadmium sebesar 0.01 *ppm* diberlakukan pada rentang 0.01-0.09 *ppm*. Resolusi 0.1 *ppm* diberlakukan pada rentang 0.1- 1 *ppm*. Dan resolusi 1 *ppm* diberlakukan pada rentang 2-6 *ppm*. Hal tersebut dilakukan untuk menunjukkan bahwa metode yang digunakan pada penelitian ini dapat memperbaiki metode sebelumnya yang hanya mampu menghasilkan resolusi sebesar 1 *ppm*. Konsentrasi 0.01 *ppm* diberlakukan sebagai batas bawah pengukuran dan konsentrasi 6 *ppm* digunakan sebagai batas atas pengukuran.

KESIMPULAN

Dari pembahasan di atas dapat disimpulkan bahwa *fiber coupler* dapat digunakan untuk mendeteksi konsentrasi ion kadmium dalam air dalam jumlah volume sampel yang kecil pada sistem spektrofotometri. Resolusi dan rentang konsentrasi yang dapat dideteksi untuk rentang 0.01-0.09 *ppm* adalah 0.01 *ppm*, untuk rentang 0.1-1 *ppm* adalah 0.1 *ppm*, dan untuk 2-6 *ppm* adalah 1 *ppm*.

DAFTAR PUSTAKA

- Afif, M, 2006, *Penyempurnaan Alat Ukur Kadar Alumunium Dalam Air Dengan Spektrofotometri Serat Optik Digital*, Skripsi Jurusan Fisika Unair, Surabaya
- Keiser, G., 1989, *Optical Fiber Communications*, MC Graw Hill, Inc, New York
- Krohn, D.A., 2000, *Fiber Optic Sensors: Fundamentals and Applications*, 3rd,

ISA, New York.

- Muhima, R.R., 2008, Pengembangan Metode Spektrofotometri Serat Optik Untuk Mendeteksi Kadar Ion Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) dalam Air, Skripsi, Jurusan Fisika Unair, Surabaya
- Purnomo, D, 2009, Logam Berat Sebagai Penyumbang Pencemaran. Blog
- Rukmono, T, 2005, Optimalisasi Instrumen Pelacak Ion Aluminium Dalam Air Dengan Metode Spektrofotometri Serat Optik, Skripsi, Jurusan Fisika Unair, Surabaya
- Samian, Herri Trilaksana (2010), Aplikasi Multimode Fiber Coupler sebagai Sensor Pergeseran Menggunakan LED, Jurnal Prosiding Seminar Fisika II, ISBN