

PENGEMBANGAN EKSPERIMEN INTERAKSI CAHAYA TERHADAP MEDIUM TENTANG PENENTUAN KADAR BESI (Fe) DALAM AIR MINUM ISI ULANG

Ria Asep Sumarni

Progran Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Matematika dan IPA
Universitas Indraprasta PGRI
Email: riaasepsumarni@gmail.com

Abstrak

Pengembangan eksperimen penentuan kadar besi (Fe) dalam air minum isi ulang berbasis spektroskopi: tentang interaksi cahaya terhadap medium cair. Eksperimen dilakukan dengan cara menghitung nilai absorpsi dari larutan standar besi (Fe). Fotodiode terhubung pada interface LoggerPro dan akan terbaca pada laptop yang sudah terinstal software LoggerPro. Nilai yang terbaca pada LoggerPro berupa tegangan (voltase). Sampel yang diuji kadar besi (Fe) adalah air minum isi ulang dari empat depot di sekitar kampus UAD Yogyakarta. Pengambilan data diawali dengan menentukan panjang gelombang maksimum terhadap absorpsi larutan besi (Fe) menggunakan fiber optik dan software LoggerPro. Panjang gelombang yang diperoleh adalah 447,8 nm warna biru. Nilai kadar besi (Fe) dalam air minum isi ulang dihitung dari gradien garis hasil regresi linier konsentrasi larutan standar besi (Fe) terhadap absorpsi. Nilai kadar besi menggunakan fotodiode mendekati nilai kadar besi (Fe) dalam air minum isi ulang menggunakan spektroskopi. Hasil yang diperoleh dengan kedua metode bahwa nilai kadar besi (Fe) dalam air minum isi ulang dari berbagai depot masih di bawah batas standar PERMENKES 2010. Pada penelitian ini dilakukan pengujian produk, baik kelayakan dan keefektifan produk penentuan kadar besi (Fe). Angket sebagai alat uji dan respon pengguna diberikan kepada ahli pembuat alat, dosen dan mahasiswa.

Kata kunci: fotodiode, interaksi cahaya, absorpsi, kadar besi (Fe), spektroskopi

Abstract

Experiments determination of iron (Fe) in drinking water refill based spectroscopy: on the interaction of light to the liquid medium. Experiments done by calculating the value of the absorption of a standard solution of iron (Fe). Photodiode is connected to the interface LoggerPro and will be read on laptops preinstalled software LoggerPro. The value is read on LoggerPro of voltage. As the samples were tested levels of iron (Fe) in drinking water refill of four depots around University of Ahmad Dahlan, Yogyakarta. Data retrieval begins by determining the wavelength of maximum absorption of the solution of iron (Fe). Wavelength of 447.8 nm is obtained in blue. Value of iron content (Fe) in drinking water refill calculated from the results of the linear regression line gradient concentration of standard solution of iron (Fe) to the absorption. Value of iron content (Fe) in drinking water refill using values closer photodiode levels of iron (Fe) in drinking water refill using spectroscopy. The results obtained with two methods that the levels of iron (Fe) in drinking water refill from various depot is still below the standard limit PERMENKES 2010. In this research product testing, both the feasibility and effectiveness of the product the determination of levels of iron (Fe). Questionnaire as a test tool and the user response is given to the expert toolmakers, lecturers and student.

Keywords: photodiode, interaction of light, absorption, iron content (Fe), spectroscopy

1. PENDAHULUAN

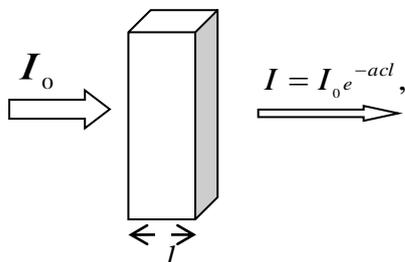
Fisika merupakan dasar dari ilmu rekayasa dan perkembangan teknologi. Perkembangan teori fisika memerlukan kreativitas dalam setiap tahapnya. Optika adalah bidang ilmu fisika yang berhubungan dengan perilaku cahaya dan gelombang elektromagnetik. Optika mempelajari fenomena terjadinya cahaya, perambatan cahaya, pengukuran cahaya dan sifat-sifat cahaya. Fenomena fisis interaksi cahaya akan terjadi yaitu sebagian berkas sinar masuk akan dipantulkan (refleksi), sebagian diserap (absorpsi), dihamburkan (*scattering*) di dalam medium tersebut dan sisanya diteruskan atau ditransmisikan (Basset, 1991:812).

Alonso (1994: 393-395) sebuah gelombang dibiaskan di dalam suatu medium dispersif yang

memiliki indeks bias tergantung pada frekuensi atau panjang gelombang, maka sudut biasnya bergantung pada frekuensi atau panjang gelombang. Jika suatu gelombang datang dengan frekuensi tunggal (cahaya monokromatis), terdiri dari beberapa frekuensi atau panjang gelombang yang bersuperposisi, maka tiap komponen panjang gelombang akan dibiaskan dengan sudut yang berbeda-beda, gejala ini disebut dengan dispersi. Warna-warna berkaitan dengan panjang gelombang pada suatu selang kecil spektrum elektromagnetik. Karena itu, cahaya putih terurai menjadi warna-warna bila dibiaskan dari udara ke bahan lain seperti air atau kaca.

Hardjono (2001:11) bahasan kuantitatif dari sinar yang terserap oleh cuplikan disusun berdasarkan hukum Lambert-Beer. Hukum ini dipertimbangkan

untuk keadaan sinar monokromatis dengan intensitas I_0 dikenakan suatu cuplikan dengan ketebalan tertentu l dan diserap oleh spesies dengan konsentrasi sebesar c .



Gambar 1. Ilustrasi proses berjalannya cahaya melewati medium.

Gambar 1. menunjukkan proses cahaya saat melewati medium dengan konsentrasi c , tetapan absorpsivitas a dan ketebalan kuvet l . Berkurangnya intensitas sinar, sebanding tebal sampel, konsentrasi dari jenis penyerap c dan intensitas sinar yang ditumbukkan.

$$I = I_0 e^{-acl}, \quad (1)$$

$$A = \log\left(\frac{I_0}{I}\right), \quad (2)$$

Dengan A adalah absorpsi, I_0 intensitas mula-mula dan I adalah intensitas yang tertransmisi. Nilai koefisien serapan sebanding dengan konsentrasi larutan untuk setiap panjang gelombang tertentu.

Menurut Alberty (1984: 33) absorpsi berbanding langsung dengan konsentrasi dan panjang lintasan. Tetapan perbandingan merupakan ciri khas zat terlarut yang bergantung pada panjang gelombang cahaya, pelarut dan suhu. Absorpsi itu sendiri merupakan angka serapan yang diukur secara kuantitatif dengan membandingkan nilai intensitas sebelum melewati medium dengan nilai intensitas yang diteruskan atau ditransmisikan. Medium yang digunakan bisa berupa gas, lapisan tipis larutan, larutan dengan berbagai pelarut.

Menurut Hardjono (2001:11) di dalam spektrometri kuantitatif, pengukuran penyerapan cahaya dibuat berdasarkan larutan pada panjang gelombang yang telah ditetapkan. Panjang gelombang yang paling sesuai adalah panjang gelombang yang bisa menghasilkan absorpsi maksimum. Dengan menggunakan panjang gelombang absorpsi yang maksimal, maka jika terjadi penyimpangan hanya akan

menyebabkan kesalahan yang kecil dalam pengukuran tersebut. Jika panjang gelombang dipilih dari daerah spektrum di mana ada suatu perubahan yang besar maka akan terjadi kesalahan pengukuran yang cukup besar.

Absorpsi cahaya penting diketahui karena memiliki beberapa manfaat di antaranya adalah untuk mengetahui konsentrasi suatu larutan. Di dunia kesehatan digunakan untuk menentukan kadar gula dalam darah dan koefisien absorpsi untuk mengetahui kandungan logam berat pada makanan dan minuman. Air merupakan senyawa yang sangat penting bagi makhluk hidup. Tingginya minat masyarakat terutama mahasiswa dalam mengkonsumsi air minum dalam kemasan dan semakin tinggi harga air minum dalam kemasan, mendorong tumbuhnya depot-depot air minum isi ulang di berbagai tempat terutama sekitar kampus.

Logam berat dapat masuk ke dalam tubuh melalui pernapasan, makanan, dan minuman. Logam besi (Fe) adalah salah satu logam berat yang dapat masuk ke dalam tubuh. Masalah kesehatan yang ditimbulkan akibat tingginya kadar besi (Fe) di antaranya adalah kerusakan gigi, terganggunya fungsi ginjal dan bahkan keracunan. Masalah rumah tangga yang terjadi akibat dari tingginya kadar besi adalah pengkaratan alat-alat rumah tangga yang terbuat dari logam. Menurut PERMENKES (2010) persyaratan kualitas air minum sebaiknya memiliki kadar besi 0,3 mg/liter. Maria (2010:10) menyatakan terdapat hubungan korelasi negatif antara Fe dengan bakteri koliform, ini berarti terjadi hubungan berbanding terbalik antara Fe dengan bakteri koliform.

Beberapa teknik penetapan logam dengan hasil yang akurat adalah dengan metode spektroskopi. Kelebihan teknik ini yaitu cukup sensitif terhadap penetapan logam dengan konsentrasi rendah. Semakin banyak kandungan logam berat pada air minum isi ulang maka akan semakin besar absorpsi yang diperoleh. Penentuan absorpsi cairan menarik untuk dikembangkan, karena komponen-komponen yang digunakan mudah dicari, murah dan hanya membutuhkan konsumsi listrik yang relatif sedikit. Hal ini dapat dilakukan dengan berbagai metode, salah satunya adalah dengan menggunakan fotodiode *LoggerPro*. Fotodiode merupakan instrumen optoelektronik yang mudah didapat dan murah.

LoggerPro adalah sebuah program yang menyediakan berbagai fasilitas untuk mendapatkan dan menganalisis data berupa grafik atau set data dari berbagai *interface*. Macam-macam *interface LoggerPro* adalah *LabQuest Mini*, *LabPro*, *Vernier Optics*, *SpectroVis Plus*, dan neraca Ohaus. Data yang ditampilkan dalam bentuk table sebagai fungsi waktu.

Dasar dari spektroskopi ultra violet dan tampak adalah adanya serapan oleh suatu senyawa. Serapan tersebut berupa cahaya yang terjadi pada molekul dalam daerah spektrum ultraviolet dan tampak yang dapat terlihat tergantung pada struktur elektronik dari molekul. Spektra ultraviolet dan tampak dari senyawa-senyawa organik memiliki kaitan erat dengan transisi-transisi di antara tingkatan-tingkatan tenaga elektronik. Serapan radiasi ultraviolet atau tampak sering dikenal sebagai spektroskopi elektronik (Hardjono, 2001: 11).

Kacaribu (2008) melakukan penelitian kadar seng (Zn) dan kadar besi (Fe) dari sampel air baku dari tempat pengisian air di pegunungan Sibolangit, air baku dari tangki mobil pengangkut air minum dan air minum dari Depot air minum isi ulang di Kota Medan menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). Hasil analisa Air Minum Isi Ulang diperoleh kandungan seng (Zn) dan besi (Fe) tidak melebihi persyaratan air baku dari PERMENKES No 416 tahun 1990 yang bervariasi dan memenuhi syarat air baku menurut PERMENKES No. 416 tahun 1990 serta syarat air minum menurut KEPMENKES No 907 tahun 2002.

Tamridho (2010) melakukan penelitian yaitu rancang bangun alat pengukur kadar gula darah. Diabetes adalah penyakit metabolik yang dapat mempengaruhi hampir setiap sistem organ dalam tubuh. Prinsip spektroskopi didasarkan pada absorpsi sinar oleh molekul sehingga terjadi proses eksitasi dan deeksitasi elektron pada molekul sehingga dapat dilakukan pengukuran spektrum absorpsi dari suatu senyawa. Dengan dirancangnya alat ini, diharapkan pengukuran kadar gula darah dapat dilakukan dengan cepat dan mudah. Diperoleh kadar gula darah yang dapat diukur sebesar 60-500 mg/dL.

Pada kesempatan kali ini, penulis akan melakukan pengembangan eksperimen tentang interaksi cahaya terhadap medium cair untuk menentukan kandungan besi (Fe) pada air minum isi ulang di sekitar kampus UAD Yogyakarta dengan merangkai alat menggunakan instrumen LED, prisma, filter cahaya, fotodioda, fiberoptik dan *LabQuest Mini*, menggunakan metode spektrometer dan membandingkan dengan alat spektroskopi standar. Diharapkan rancang bangun ini mampu memberikan informasi tentang kandungan Besi (Fe) pada air minum isi ulang yang layak sebagai alternatif spektroskopi yang dapat digunakan oleh masyarakat luas, terutama untuk bidang kesehatan, industri kimia, dan farmasi. Penulis juga akan melakukan uji validasi alat menggunakan angket, untuk mengetahui kesesuaian dan kinerja alat menurut dosen dan ahli pembuat alat.

2. METODE

Penelitian penentuan kadar besi (Fe) dalam air minum isi ulang berbasis spektroskopi, tentang interaksi cahaya terhadap medium cair dilakukan di Laboratorium Fisika Dasar dan Laboratorium Kimia Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta Jalan Prof. Dr. Soepomo. Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah air minum isi ulang dari berbagai depot di sekitar kampus UAD Yogyakarta. Pengambilan sampel memakai teknik *simple random sampling* (pengambilan sampel secara acak sederhana). Uji validasi alat menggunakan angket, untuk mengetahui kesesuaian dan kinerja alat menurut dosen dan ahli pembuat alat.

2.1. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari 2 perangkat yaitu perangkat keras dan perangkat lunak serta persiapan sampel. Perangkat-perangkat keras yang digunakan dalam penelitian ini adalah: adaptor, LED, fotodioda, fiber optik, prisma, filter cahaya, *LabQuest Mini*, sakelar, potensiometer, laptop, kuvet, dan kabel penghubung. Perangkat lunak yang dipakai dalam penelitian ini adalah *software LoggerPro* digunakan untuk menampilkan data berupa grafik antara intensitas cahaya dengan panjang gelombang yang diterima fiber optik dan antara tegangan dengan waktu yang diterima fotodioda. Persiapan sampel yaitu tabung ukur 100 ml dan 50 ml, pipet ukur, neraca digital, air murni, tempat sampel, larutan standar besi (Fe), sampel air minum isi ulang.

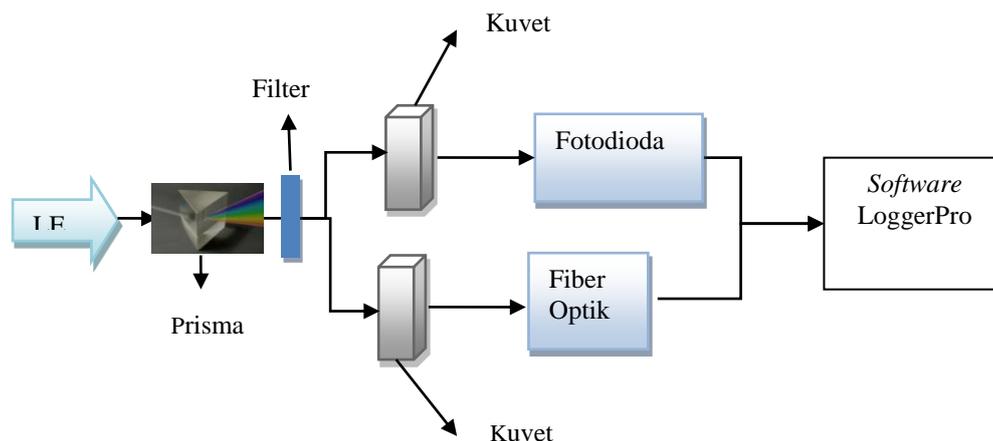
2.2. Variabel penelitian

Variabel terikat : absorpsi, kadar Fe

Variabel bebas : konsentrasi Fe, sampel air minum isi ulang.

2.3. Desain penelitian

Desain elektronik dalam penelitian ini terdiri dari LED sebagai sumber cahaya, sebuah fiber optik dan fotodioda sebagai sensor cahaya, dan *software LoggerPro* sebagai penampil data. Berkas cahaya LED akan melewati kotak sampel, cahaya yang melewati sampel sebagian akan diserap dan sebagian akan ditransmisikan. Cahaya yang ditransmisikan akan terfilter dan dideteksi oleh fotodioda dan fiber optik. Fotodioda akan mendeteksi transmisi optik sebagai tegangan dan dihubungkan ke *software LoggerPro*. Untuk sinyal transmisi optik yang ditangkap oleh fiber optik sebagai intensitas dan selanjutnya dihubungkan ke *software LoggerPro*. Hasil pengamatan ditampilkan pada laptop berupa data dan selanjutnya disalin dan diolah ke *Microsoft Office Excel*.



Gambar 2. Skema alat penelitian

Persiapan Sampel

- a. Membuat deret larutan standar Besi (Fe).
 - 1) Larutan Fe 100 mg/L
Larutan Fe 1000 mg/L dipipet sebanyak 10 mL, dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL, kemudian diencerkan dengan air murni sampai tanda batas.
 - 2) Larutan Fe 10 mg/L
Larutan Fe 100 mg/L dipipet sebanyak 10 mL dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL, kemudian diencerkan dengan air murni sampai tanda batas.
 - 3) Larutan standar Fe 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0 mg/L
Larutan Fe 10 mg/L dipipet sebanyak 1; 2; 3; 4; 5 mL, dimasukkan ke dalam labu ukur 50 mL, kemudian diencerkan dengan air murni sampai tanda batas.
- b. Menyiapkan sampel air minum isi ulang dari 4 depot di sekitar kampus UAD Yogyakarta.

Teknik Analisis Data

1. Data yang telah diperoleh disimpan dalam bentuk *Microsoft Office Excel* untuk pengolahan data lebih lanjut. Data yang dihitung untuk fotodiode adalah tegangan dan untuk fiber optik adalah intensitas cahaya pada panjang gelombang yang memiliki puncak tertinggi.
2. Menentukan absorpsi larutan standar Besi (Fe) yang berbeda-beda dengan menggunakan persamaan (2):

$$A = \log\left(\frac{I_0}{I}\right),$$

dengan I_0 adalah intensitas cahaya untuk data yang diambil menggunakan fiber optik terdeteksi saat belum ada sampel referensinya (acuan), dan I adalah intensitas cahaya yang diteruskan (transmisi) yang terdeteksi setelah melewati cairan dengan konsentrasi tertentu. Dengan

menggunakan fotodiode nilai perhitungan absorpsi menggunakan persamaan:

$$A = \left[\log\left(\frac{V_0}{V}\right) \right]$$

3. Data absorpsi dari larutan standar yang diperoleh dibuat kurva kalibrasi dengan linearitas untuk menentukan nilai kadar besi pada air minum isi ulang.
4. Menentukan kadar Besi (Fe) dalam air minum isi ulang dengan menggunakan nilai kemiringan grafik dari kurva kalibrasi.

Tanggapan Kesuaian Alat Terhadap Alat Standar

Tanggapan kesuaian alat terhadap alat standar pada penelitian ini dilakukan antara lain uji efektivitas alat dan respon produk alat oleh pengguna.

- a. Uji efektivitas alat

Uji ini dilakukan oleh peneliti dimaksudkan untuk mengetahui apakah alat yang dibuat sudah sesuai dengan acuan. Peneliti memberikan angket yang di dalamnya berisi hal-hal yang berkaitan dengan alat. Angket tersebut diberikan kepada dosen dan laboran yang sudah terbiasa membuat alat fisika. Menghitung skor rata-rata setiap kriteria yang diambil digunakan persamaan sebagai berikut (Sugiono, 2010)

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n},$$

dengan \bar{X} adalah skor rata-rata tiap sub aspek kualitas, $\sum X$ adalah jumlah skor tiap sub aspek, dan n adalah jumlah penilai. Pengubahan skor menjadi skala empat dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Konversi skor menjadi nilai skala empat

| No | Skor | Kriteria |
|----|---|-----------|
| 1 | $M_e + 1,5 \sigma \leq X \leq M_e + 3,0 \sigma$ | Amat Baik |
| 2 | $M_e + 0 \sigma \leq X < M_e + 1,5 \sigma$ | Baik |
| 3 | $M_e - 1,5 \sigma \leq X < M_e + 0 \sigma$ | Cukup |
| 4 | $M_e - 3 \sigma \leq X < M_e - 1,5 \sigma$ | Kurang |

b. Respon produk alat oleh pengguna

Respon ini diberikan oleh pengguna yang telah mencoba menggunakan produk alat. Respon diberikan dalam bentuk uraian yang diberikan oleh pengguna. Pengguna dalam uji produk alat meliputi masyarakat umum, laboran dan mahasiswa.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Rangkaian Alat



Gambar 3. Spektroskopi UVmini 1240 (Dokumen pribadi, Laboratorium Kimia UAD:2014).

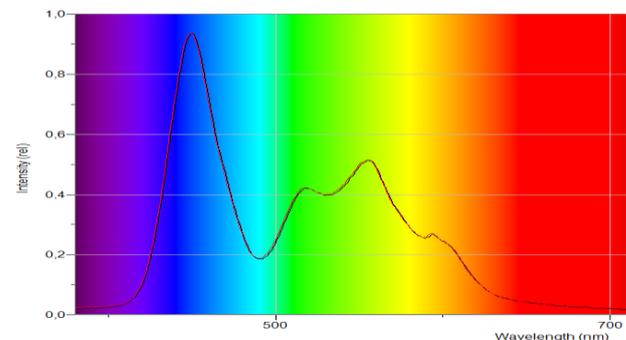
Penentuan Panjang Gelombang Maksimum (Kalibrasi)

Penentuan kadar besi (Fe) terlebih dahulu ditentukan panjang gelombang maksimum terhadap absorpsi besi (Fe) menggunakan sensor fiber optik. Cahaya monokromatik yang dipancarkan masuk melewati prisma dan dibiaskan sehingga menjadi cahaya-cahaya polikromatis. Cahaya polikromatis tersebut akan melewati sampel larutan standar besi (Fe) dan ditangkap oleh sensor fiber optik, sehingga diperoleh hasil seperti Gambar 4.

Nilai intensitas maksimum untuk larutan standar besi (Fe) pada panjang gelombang maksimum 447,8 nm warna biru, sehingga dalam penelitian penentuan kadar besi (Fe) dalam air minum isi ulang digunakan filter cahaya biru agar yang melewati sampel hanya cahaya biru. Pada alat Spektroskopi UVmini-1240 juga diperoleh panjang gelombang maksimumnya pada 455 nm secara digital. Digunakannya panjang gelombang maksimum memudahkan dalam pembacaan absorpsi besi (Fe) dalam air minum isi ulang.

Alat eksperimen ini terdiri dari rangkaian elektronik, *software LoggerPro*, laptop sebagai penampil data, LED sebagai sumber cahaya dan filter cahaya biru serta fiber optik dan fotodioda sebagai detektor. Rangkaian elektronik dihubungkan ke sumber tegangan, fiber optik dan fotodioda dipasang pada lubang yang sudah disediakan di ujung kotak. USB fiber optik dan USB fotodioda dipasang pada laptop yang telah terbuka *software LoggerPro* secara bergantian. Untuk fotodioda yang digunakan sebagai pembaca data tegangan adalah *LabQuest Mini*.

Nilai kadar besi dengan alat eksperimen akan dibandingkan dengan nilai kadar besi menggunakan spektroskopi. Spektroskopi UVmini 1240 yang digunakan sebagai acuan seperti pada Gambar 3.



Gambar 4. Tampilan *LoggerPro* grafik panjang gelombang maksimum

Penyiapan Sampel Uji Referensi

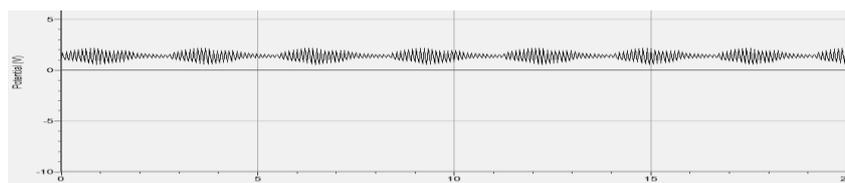
Sampel uji yang digunakan sebagai referensi adalah cahaya yang ditangkap oleh fotodioda. Cahaya monokromatik yang terpancarkan masuk melewati prisma dan dibiaskan sehingga menjadi cahaya-cahaya polikromatis serta melewati filter cahaya biru kemudian langsung ditangkap fotodioda tanpa melalui medium larutan. Cahaya yang terdeteksi oleh fotodioda laptop dengan menggunakan *software LoggerPro* dengan data berbentuk grafik seperti pada Gambar 5.

Grafik tegangan terhadap waktu menggunakan fotodiode tanpa sampel diperoleh instensitas mula-mula atau V_0 . V_0 digunakan untuk perhitungan menentukan nilai absorpsi kadar besi (Fe).

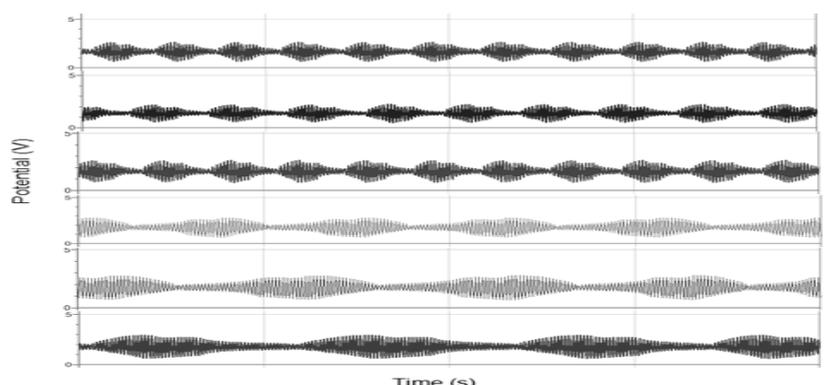
Penentuan Absorpsi Larutan Standar Besi (Fe)

Pengukuran absorpsi larutan standar besi (Fe) pertama kali dilakukan dengan menggunakan alat Spektroskopi UVmini-1240 merk Shimadzu. Nilai

absorpsi larutan standar yang diperoleh digunakan untuk menentukan nilai kadar besi (Fe) dalam air minum isi ulang yang dijadikan sebagai acuan. Selanjutnya dilakukan penentuan absorpsi larutan standar besi (Fe) dengan alat yang telah dibuat menggunakan sensor fotodiode. Perhitungan absorpsi larutan standar besi (Fe) menggunakan fotodiode diperoleh hasil grafik hubungan antara tegangan dengan waktu.



Gambar 5. Tampilan *LoggerPro* grafik tegangan terhadap waktu menggunakan fotodiode



Gambar 6 . Tampilan *LoggerPro* grafik tegangan terhadap waktu untuk konsentrasi (a) tanpa sampel, (b) 0,2 mg/L, (c) 0,4 mg/L, (d) 0,6 mg/ L, (e) 0,8 mg/L dan (f) 1,0 mg/L.

Hasil data absorpsi (Fe) dalam air minum isi ulang dengan sensor fotodiode (Tabel 2) diolah dengan program *Microsoft Excel*. Nilai yang terbaca pada *software LoggerPro* adalah tegangan terhadap waktu yang berbeda dari tiap konsentrasi larutan standar besi (Fe). Data yang diperoleh dengan menggunakan sensor fotodiode dalam jumlah banyak, sehingga diperoleh nilai absorpsi rata-rata setiap konsentrasi larutan. Nilai absorpsi dari spektroskopi langsung terbaca secara digital pada alat.

Penentuan kurva kalibrasi

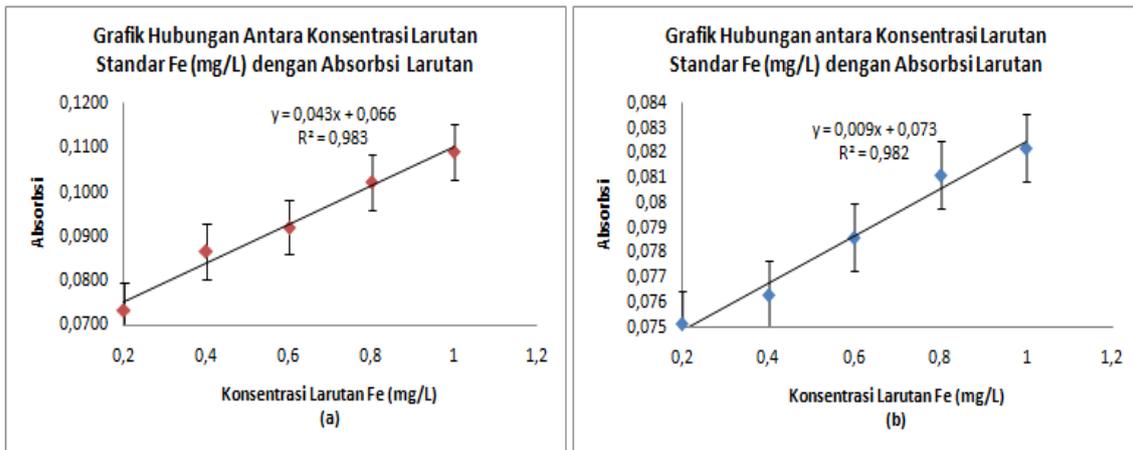
Dari data absorpsi yang diperoleh, dibuat kurva kalibrasi antara konsentrasi larutan standar besi (Fe) dengan absorpsi larutan standar besi (Fe). Kurva

kalibrasi larutan standar besi (Fe) disajikan dalam Gambar 7.

Gambar 7. Menunjukkan formula persamaan garis regresi linear hubungan antara absorpsi terhadap konsentrasi larutan standar besi. Nilai absorpsi yang diperoleh sebagai berikut: $Y_1 = 0,043x + 0,0666$ dan $Y_2 = 0,009x + 0,073$. Dengan Y adalah nilai absorpsi dan x adalah konsentrasi kandungan besi (Fe) dalam air. Nilai koefisien korelasi (r) dari gambar diperoleh 0,9839 dan 0,9828, hasil ini menunjukkan bahwa antara kandungan besi (Fe) dalam konsentrasi dengan absorpsi berkorelasi positif dan mempunyai keakuratan dalam menentukan konsentrasi sebesar 98,39 % dan 98,28 %. Selanjutnya untuk menentukan kandungan kadar besi (Fe) dalam sampel air minum isi ulang, dilakukan pengukuran absorpsi.

Tabel 2. Data hasil pengukuran absorpsi larutan standar besi (Fe)

| No | Konsentrasi mg/L | Absorpsi Fotodiode | Absorpsi Spektroskopi |
|----|------------------|--------------------|-----------------------|
| 1 | 0,2 | 0,0734 | 0,0751 |
| 2 | 0,4 | 0,0866 | 0,0763 |
| 3 | 0,6 | 0,0921 | 0,0786 |
| 4 | 0,8 | 0,1021 | 0,0811 |
| 5 | 1 | 0,1091 | 0,0822 |



Gambar 7. Kurva kalibrasi konsentrasi larutan standar besi (Fe) dengan absorpsi a) fotodiode dan b) spektroskopi.

Penentuan Kandungan Besi (Fe) dari Sampel Air Minum Isi Ulang

Penentuan absorpsi dari sampel yang diperoleh dari 4 depot di sekitar kampus UAD Yogyakarta dengan menggunakan sensor fotodiode. Dari data pengukuran absorpsi terhadap sampel air minum isi ulang diperoleh nilai serapan (Y) (Tabel 3). Dengan mensubstitusikan nilai Y(absorpsi) ke persamaan regresi linear diperoleh kadar besi (Fe) dalam air minum isi ulang (Tabel 4).

Nilai kadar besi (Fe) dalam air minum isi ulang dengan fotodiode tidak jauh berbeda dengan nilai

kadar besi (Fe) dalam air minum isi ulang berdasarkan spektroskopi. Dari hasil yang diperoleh dengan kedua metode bahwa nilai kadar besi (Fe) dalam air minum isi ulang dari berbagai depot masih di bawah batas standar PERMENKES 2010 yaitu kadar besi (Fe) dalam air minum tidak boleh melebihi 0,3 mg/L.

Dari hasil perhitungan persentase kesalahan alat (Tabel 5) dapat dilihat bahwa nilai persentase kesalahan fotodiode cukup kecil. Sensor fotodiode sudah mampu mendekteksi perubahan absorpsi terhadap konsentrasi secara linear.

Tabel 3. Data hasil pengukuran absorpsi besi (Fe) dalam air minum isi ulang

| Sampel | Absorpsi Fotodiode | Absorpsi Spektroskopi |
|--------|--------------------|-----------------------|
| 1 | 0,069063 | 0,073663 |
| 2 | 0,069027 | 0,073664 |
| 3 | 0,069039 | 0,073663 |
| 4 | 0,069024 | 0,073663 |

Tabel 4. Data hasil kadar besi (Fe) dalam air minum isi ulang

| Sampel | Kadar besi (Fe) Fotodioda (mg/L) | Kadar besi (Fe) Spektroskopi (mg/L) |
|--------|----------------------------------|-------------------------------------|
| 1 | 0,071233 | 0,073667 |
| 2 | 0,070395 | 0,073778 |
| 3 | 0,070674 | 0,073667 |
| 4 | 0,070326 | 0,073667 |

Tabel 5. Hasil persentase kesalahan alat

| Kadar besi (Fe) Fotodioda (mg/L) | Kadar besi (Fe) Spektroskopi (mg/L) | Persentase kesalahan alat Fotodioda(%) |
|----------------------------------|-------------------------------------|--|
| 0,071233 | 0,073667 | 3,30 |
| 0,070395 | 0,073778 | 4,58 |
| 0,070674 | 0,073667 | 4,06 |
| 0,070326 | 0,073667 | 4,54 |

Uji Angket

Uji Validasi Instrumen Angket

Angket uji alat diberikan kepada dosen dan ahli pembuat alat. Dari angket terbuka yang telah diberikan diperoleh data yang disajikan pada Tabel 6.

Dari hasil uji validitas alat diperoleh nilai rata-rata skor yang dicapai adalah $3,67 \pm 0,08$ dengan nilai $M_e = 3,50$. Jadi dari hasil uji alat dapat disimpulkan bahwa alat penentuan kadar besi (Fe) dalam air minum isi ulang masuk ke dalam kriteria sangat baik.

Respon Produk Alat oleh Pengguna

Tanggapan diberikan oleh laboran, dosen dan mahasiswa dalam bentuk uraian. Dari hasil uji coba alat diperoleh tanggapan yang baik tentang pengembangan alat penentu kadar besi (Fe) dalam air minum isi ulang.

1. Alat dapat digunakan untuk menentukan kadar besi (Fe) dalam air minum isi ulang yang cukup sederhana dan efisien.
2. Produk alat dapat dikembangkan lagi dalam penelitian selanjutnya.

Pengembangan alat ini dapat digunakan dalam praktikum fisika di Laboratorium. Materi yang diajarkan dalam pengembangan alat ini adalah tentang interaksi cahaya terhadap medium cair.

Tabel 6. Hasil validitas alat

| No | Kriteria Penilaian | Skor |
|----|---------------------------------|------|
| 1 | Alat memiliki desain yang baik | 3,50 |
| 2 | Kemudahan dalam penggunaan alat | 3,00 |
| 3 | Kemudahan mendapatkan bahan | 3,50 |

| No | Kriteria Penilaian | Skor |
|-----------|---|------|
| 4 | Kebermanfaatan alat | 3,50 |
| 5 | Kemudahan dalam perawatan | 4,00 |
| 6 | Ukuran alat yang tidak memakan tempat | 3,75 |
| 7 | Kemudahan dalam merangkai alat peraga | 3,75 |
| 8 | Kemudahan dalam memindahkan alat peraga | 4,00 |
| 9 | Kemudahan dalam penyimpanan alat peraga | 3,75 |
| 10 | Desain alat sesuai dengan konsep dan prinsip kerja Penentuan kadar besi (Fe) dalam air minum isi ulang | 3,75 |
| 11 | Tingkat keselamatan dalam penggunaan alat peraga | 4,00 |
| 12 | Perolehan data pengamatan dari alat peraga ketika digunakan | 3,50 |
| Rata-rata | | 3,67 |
| Σ | | 0,08 |
| M_e | | 3,50 |

4. SIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa telah dibuat rancang bangun penentuan kadar besi (Fe) dalam air minum isi ulang berbasis spektroskopi: tentang interaksi cahaya terhadap medium cair. Berdasarkan uji alat hasilnya yang diperoleh mendekati dengan hasil spektroskopi. Nilai kadar besi (Fe) pada air minum isi ulang di depot sekitar kampus UAD Yogyakarta dengan menggunakan fotodioda masih aman untuk dikonsumsi karena nilai kadar besi (Fe) masih di bawah standar PERMENKES No. 492 tahun 2010. Dari hasil uji alat dapat disimpulkan bahwa alat penentuan kadar besi (Fe) dalam air minum isi ulang

masuk ke dalam kriteria sangat baik. Untuk penelitian lebih lanjut disarankan, memperhatikan suhu dalam alat karena sumber cahaya yang menyala terus menerus menyebabkan suhu dalam alat meningkat. Pada penggunaan sensor fiber optik sebaiknya tidak menggunakan prisma lagi, karena fiber optik sudah mampu menangkap cahaya monokromatik menjadi polikromatik tanpa adanya prisma

5. DAFTAR PUSTAKA

- Alberty, Robert. A. 1984. *Kimia Fisika*. Jakarta: Erlangga.
- Alonso, Marcelo dan Edward J. Finn. 1994. *Dasar-Dasar Fisika Universitas Jilid 2 Medan dan Gelombang*. Jakarta: Erlangga
- Anonim. 2001. *Logger Pro 3, Quick Reference Manual*. <http://www2.vernier.com/manuals/LP3QuickReferenceManual.pdf>. Diunduh pada tanggal 4 Agustus 2013
- J. Bassett. 1993. *Vogel kimia analisis kuantitatif anorganik*. Alih bahasa: Dr. A Hadyana Pudja atmaka. Jakarta: Buku Kedokteran EGC.
- Kacaribu, Kumpulan. 2008. *Kandungan Kadar Seng (Zn) dan Besi (Fe) dalam Air Minum dari Depot Air Minum Isi Ulang Air Pegunungan Sibolangit di Kota Medan*. *Tesis Kimia*. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Maria AAV, Hastuti SP, Dewi L, *Kajian Kualitas Air Minum Isi Ulang Yang Ada Di Daerah Salatiga Dan Sekitarnya*. *Prosiding Seminar Nasional Sains Dan Pendidikan Sains*. Jawa Tengah: UKSW
- PERMENKES. 2010. *Persyaratan Kualitas Air Minum*. Jakarta: Menteri Kesehatan. http://pppl.depkes.go.id/_asset/_regulasi/53_Permenkes%20492.pdf
- Sastrohamidjojo, Hardjono. 2001. *Spektroskopi*. Yogyakarta: Liberty.
- Sugiono. 2010. *Metode Penelitian Pendidikan*. Bandung: Alfabeta.
- . 2010. *Statistika untuk Penelitian*. Bandung: Alfabeta.
- Tamridho, Riza. 2011. *Rancang Bangun Alat Pengukur Kadar Gula Darah*. Yogyakarta: Universitas Indonesia.