
PEMBUATAN KIT EKSPERIMEN SPEKTROFOTOMETER LED SEDERHANA UNTUK ANALISIS ION LOGAM BESI DALAM AIR

MAKING OF SIMPLE LED SPECTROPHOTOMETER EXPERIMENT KIT FOR ANALYSIS OF IRON METAL IONS IN WATER

Dudi Fatul Jawad*, Ida Farida dan Yulia Sukmawardani

Pendidikan Kimia, Tarbiyah dan Keguruan, Universitas Sunan Gunung Djati Bandung,
Jl. Soekarno-Hatta No.748, Bandung, 40614, Indonesia

*E-mail: dudifatuljawad@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan tampilan pembuatan KIT, cara penggunaan KIT, dan hasil uji validasi pembuatan KIT eksperimen spektrofotometer LED sederhana untuk analisis ion logam besi dalam air. Metode yang digunakan yaitu *Design Based Research*. Metode ini mengacu pada model ADDIE, yaitu *analysis* (tahap analisis), *design* (tahap desain), *development* (tahap pengembangan), *implementation* (tahap implementasi) dan *evaluation* (tahap evaluasi). Akan tetapi, peneliti hanya menggunakan sampai tahap *development* dimulai dari pengumpulan referensi (jurnal), pembuatan analisis konsep, peta konsep, *flowchart*, dan *storyboard* serta uji validasi dari tiga validator. Hasil penelitian dari tahap pengembangan KIT dapat dilakukan dengan baik, sehingga menghasilkan produk yang valid dengan indikator tampilan KIT yang menarik, mudah digunakan, biaya dalam pembuatannya murah, serta KIT terbuat dari bahan yang aman. Hasil uji validasi diperoleh nilai r_{hitung} rata-rata sebesar 0,83 lebih besar dari r_{kritis} 0,30. Hal ini menunjukkan bahwa KIT eksperimen spektrofotometer LED sederhana valid untuk dilakukan uji kelayakan. Dalam pembelajaran, penggunaan KIT ini mengacu pada materi spektrofotometri yang didasarkan pada hukum Lambert-Beer dan hasil analisis yang akan dihasilkan berupa kurva perbandingan intensitas normal dengan panjang gelombang dalam satuan nanometer (nm).

Kata kunci: spektrofotometri, Lambert-Beer, KIT, logam besi

ABSTRACT

This study aimed to describe the appearance of the KIT making, how to use the KIT, and the validation test results for the making of a simple LED spectrophotometer for the analysis of iron metal ions in water. The method used was Design Based Research. This method refers to the ADDIE model, which consists of analysis, design, development, implementation, and evaluation stages. However, researchers only used the model until the development stage, starting from collecting references (journals), making concept analysis, concept maps, flowcharts, and storyboards, and the validation test of the three validators. The results from the KIT development stage could be carried out well, resulting in a valid product with indicators that include an attractive display of the KIT, easy to use, low cost, and KIT made of safe materials. The results of the validation test obtained an average value of 0.83, greater than the critical value of 0.30. This shows that the simple LED spectrophotometer experiment KIT is valid for a feasibility test. In learning, the use of KIT refers to the spectrophotometric material which is based on the Lambert-Beer law and the analysis results that will be produced are in the form of a comparison curve of normal intensity with a wavelength in units of nanometers (nm).

Keywords: spectrophotometry, Lambert-Beer, KIT, iron metal

1. PENDAHULUAN

Ilmu kimia merupakan cabang dari ilmu pengetahuan alam, yang mendeskripsikan komposisi materi dan struktur, serta fenomena-fenomena lain yang mengalami perubahan materi (Brojonegoro, 2015). Ilmu kimia ini memiliki konsep sangat luas mulai dari konsep yang sederhana sampai konsep yang kompleks dan abstrak (Sari & Hidayat, R. Y., 2017). Diperlukan media pembelajaran untuk membantu mahasiswa dalam memvisualisasikan konsep-konsep yang kompleks dan abstrak menjadi konkrit (Gusbandono, dkk., 2013). Selain media pembelajaran diperlukan juga praktikum untuk mengetahui hasil yang lebih konkrit dalam sebuah pokok materi dalam ilmu kimia (Halimah & Hadiyati, 2017). Kegiatan praktikum bisa memudahkan mahasiswa dalam memahami konsep-konsep yang kompleks dan abstrak serta dapat meningkatkan keterampilan proses sains, karena mahasiswa melakukan pengamatan secara langsung (Pramesty, L. I., 2013).

Salah satu materi kimia yang dapat diintegrasikan dengan praktikum yaitu pada materi pokok analisis spektrofotometri dengan sub bahasan hukum Lambert-Beer (Opstal & Fitch, 2018). Analisis spektrofotometri merupakan salah satu metode dalam kimia analitik yang dapat digunakan untuk mengetahui kandungan atau komposisi suatu sampel dengan cara kualitatif atau kuantitatif dan didasarkan pada serapan cahaya (Priyanto & Dwiyanto, 2008).

Materi analisis spektrofotometri ini ada dalam mata kuliah kimia instrumen dengan capaian pembelajaran yaitu mahasiswa mampu mendeskripsikan konsep dasar analisis spektrofotometri dan menginterpretasikan data yang diperoleh dari eksperimen spektrofotometri menggunakan spektrofotometer (Williams *et al.*, 2017). Berdasarkan hasil analisis capaian pembelajaran dari materi analisis spektrofotometri menunjukkan bahwa materi analisis spektrofotometri harus dilakukan praktikum dengan menggunakan alat praktikum (Pratikta, 2017). Materi analisis spektrofotometri dalam mata kuliah kimia instrumen harus benar-benar dikuasai mahasiswa karena materi ini berkaitan dengan materi-materi selanjutnya yang membahas analisis data secara kualitatif dan kuantitatif dalam menentukan komposisi dalam suatu larutan (Place, 2019). Mahasiswa dapat menemukan karakteristik dari setiap larutan yang di uji dan dapat mendeskripsikan cahaya yang diserap serta mengetahui panjang gelombang dalam suatu larutan dengan menggunakan metode analisis spektrofotometri, larutan yang digunakan bisa menggunakan larutan atau senyawa yang ada dalam kehidupan sehari-hari seperti air yang untuk diuji komposisi ion logam berat yang terkandung di dalamnya (Pratikta, 2017). Penelitian yang berhubungan dengan analisis ion logam dalam air mengungkapkan bahwa mahasiswa kesulitan dalam menentukan logam berat yang terkandung dalam air, karakteristik dari logam berat, serapan cahaya dari sampel, dan menentukan panjang gelombang dari suatu sampel air. Hal ini dikarenakan tidak adanya alat atau instrumen pendukung yaitu spektrofotometer untuk melakukan analisis di laboratorium dan untuk pemenuhan alat tersebut diperlukan biaya yang cukup mahal (Mara, *et al.*, 2013).

Berbeda dari hasil penelitian sebelumnya, penelitian lain mengungkapkan bahwa diperlukannya suatu kegiatan praktikum untuk memudahkan mahasiswa dalam analisis cahaya yang diserap suatu larutan dan panjang gelombangnya (Lima, 2014). Hal ini menunjukkan bahwa kegiatan praktikum dapat dilakukan dengan menggunakan media pembelajaran yaitu KIT.

Pembuatan media pembelajaran berupa KIT sudah banyak diterapkan dalam proses pembelajaran. Beberapa penelitian mengenai pembuatan KIT diantaranya pembuatan alat peraga KIT fluida statis sebagai media pembelajaran pada sub materi fluida statis (Pramesty, L. I., 2013). Penggunaan KIT dalam proses pembelajaran dapat meningkatkan aktivitas belajar dan kemampuan mahasiswa dalam bekerjasama lebih aktif (Cahyono & Wijayati, 2016). Penelitian lainnya yaitu pembuatan spektrofotometer edukasi untuk analisis pewarna makanan dan menyatakan bahwa KIT

spektrofotometer edukasi ini memiliki presisi sebesar 87,75% dan akurasi sebesar 99,35% oleh karena itu spektrofotometer edukasi ini layak digunakan untuk analisis pada pewarna makanan (Yohan, dkk., 2018).

Hal tersebut menunjukkan bahwa sangat diperlukan alat praktikum dalam proses pembelajaran khususnya dalam materi analisis spektrofotometri. Namun harga alat analisis spektrofotometri yang mahal, terkadang menjadi kendala bagi laboratorium dalam pemenuhan alat tersebut. Maka perlu dirancang alat spektrofotometer sederhana dengan menggunakan bahan-bahan yang terjangkau (Arduino, 2017).

Berdasarkan permasalahan yang telah dipaparkan, serta pembaruan dan inovasi yang disajikan. Maka pada jurnal ini dideskripsikan tampilan produk dan hasil uji validasi KIT eksperimen spektrofotometer LED sederhana untuk analisis ion logam besi dalam air.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode penelitian *Design Based Research* (DBR) yang mengacu pada model ADDIE. Melalui metode DBR diharapkan dapat menciptakan inovasi-inovasi terbaru berupa produk media pembelajaran yang dapat digunakan dalam proses belajar mengajar di sekolah menengah atas maupun di tingkat Universitas. Adapun langkah-langkah yang digunakan dalam metode penelitian DBR ialah; 1) *Analysis* (tahap analisis), 2) *Design* (tahap desain), 3) *Development* (tahap pengembangan), 4) *Implementation* (tahap implementasi) dan *Evaluation* (tahap evaluasi) (Hess & Geer, 2016). Pada penelitian ini yang digunakan hanya tiga tahap, yaitu tahap analisis, desain, dan pengembangan. Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data deskriptif yang digunakan untuk mendeskripsikan tingkat validitas media pembelajaran yang telah dibuat peneliti. Adapun jenis penelitian yang digunakan yaitu kualitatif-kuantitatif dengan bantuan instrumen untuk memperoleh setiap data yang diperlukan.

Data kualitatif berupa data dalam bentuk kalimat maupun gambar yang diperoleh dari instrumen berupa analisis konsep, peta konsep, *flowchart* dan *storyboard*. Produk dari penelitian ini adalah KIT eksperimen spektrofotometer LED sederhana untuk analisis ion logam besi dalam air. Sedangkan data kuantitatif berupa data hasil pengolahan secara statistik berupa angka yang diperoleh dari hasil uji validasi.

Prosedur penelitian ini dibagi dalam tiga tahap, yaitu tahap analisis, tahap desain dan tahap pengembangan. Pada tahap analisis mencakup tahap persiapan. Beberapa kegiatan yang dilakukan, yaitu analisis perlunya media pembelajaran yang inovatif, tinjauan kompetensi dasar pada mata kuliah kimia instrumentasi, analisis materi kimia yang akan digunakan dalam pembuatan media pembelajaran, analisis jurnal, menentukan media pembelajaran yang akan dikembangkan, dan analisis kebutuhan barang yang digunakan dalam pembuatan KIT eksperimen spektrofotometer LED sederhana untuk analisis ion logam dalam air.

Tahap desain (*design*) merupakan tahap pelaksanaan yang terdiri dari beberapa kegiatan, diantaranya pembuatan *flowchart*, membuat desain awal KIT eksperimen spektrofotometer LED sederhana, membuat *storyboard*, dan membuat komponen-komponen yang dibutuhkan dalam KIT eksperimen spektrofotometer LED sederhana, dan diakhiri dengan konsultasi kepada dosen pembimbing. Tahap selanjutnya yaitu tahap pengembangan (*development*), pada tahap pengembangan terdiri dari produk awal yang telah dibuat oleh peneliti berupa KIT eksperimen spektrofotometer LED sederhana dan dilakukan uji validasi. KIT eksperimen spektrofotometer LED sederhana ini divalidasi oleh tiga orang dosen pendidikan kimia UIN Sunan Gunung Djati Bandung.

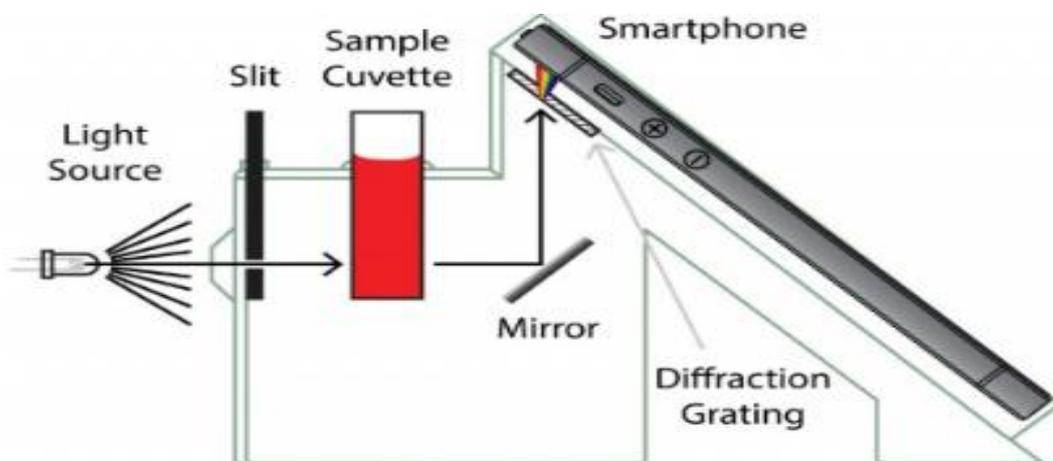
Dari hasil validasi didapat saran perbaikan dan validitas KIT eksperimen spektrofotometer LED sederhana. Pada tahap ini dilakukan penyusunan laporan hasil penelitian, pengolahan data, dan analisis data.

Teknik pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan dengan penyebaran angket validasi kepada tiga validator ahli kimia. Adapun instrumen yang digunakan pada uji validasi diantaranya, *flowchat*, *storyboard*, video mengenai penjelasan KIT eksperimen spektrofotometer LED sederhana dan angket uji validasi. Pada lembar angket uji validasi berisi beberapa indikator diantaranya, 1). Tampilan fisik KIT eksperimen spektrofotometer LED sederhana, 2). Efisiensi alat, 3). Keberfungsian alat, 4). Tingkat keterlaksanaan rancangan praktikum, 5). Aspek keamanan, 6). Kesesuaian dengan pembelajaran, 7). Aspek ekonomi, 8). Aspek lingkungan.

Teknik analisis data disesuaikan dengan jenis instrumen yang digunakan dan jenis data yang didapatkan. Data yang didapatkan berupa data kualitatif dan data kuantitatif. Maka pengolahan data dilakukan secara statistik untuk data kuantitatif dan pengolahan data secara deskriptif untuk data kualitatif (Sugiyono, 2017:137). Setelah diperoleh data hasil uji validasi maka dilakukan analisis perbandingan nilai validasi dengan nilai r_{kritis} yang ditetapkan. Nilai r_{kritis} pada umumnya digunakan untuk mengidentifikasi batas validitas suatu instrumen yang ditetapkan sebesar 0,30 berdasarkan penggunaan taraf kesalahan 5% (Arikunto, 2013:173).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Media edukatif seperti KIT dibuat untuk memenuhi kegiatan praktikum di laboratorium yang dapat mempermudah siswa atau mahasiswa dalam memahami materi khususnya materi spektroskopi dan dapat meningkatkan aktivitas belajar dan kemampuan siswa atau mahasiswa dalam bekerjasama lebih aktif (Cahyono & Wijayati, 2016). Dalam pembuatan skema KIT ini mengacu pada hukum Lambert-Beer dengan penjelasan sebagai berikut. Sebuah sumber cahaya stabil akan memasuki rongga pada dudukan (*housing*) kemudian disaring oleh celah (*slit*) yang mengontrol intensitas cahaya dan diproyeksikan melalui sampel. Cahaya yang ditransmisikan melalui sampel kemudian diteruskan dan dipantulkan oleh cermin aluminium menuju kisi difraksi, dan kisi difraksi ini menyebarkan cahaya menjadi spektrum warna menuju kamera *smartphone* dan dapat dilihat pada layar *smartphone* serta disimpan sebagai gambar (Grasse, et al., 2015). Skema tersebut dibuat dengan menggunakan aplikasi *Solid Works* dan diekspor kemudian dicetak dengan format *3D-file*. Skema tampilan KIT dapat dilihat pada Gambar 1 berikut:



Gambar 1. Skema KIT Eksperimen Spektrofotometer LED Sederhana

a. Deskripsi Tampilan KIT Eksperimen Spektrofotometer LED Sederhana

1) Dudukan (*Housing*)

Housing merupakan salah satu komponen utama pada KIT eksperimen spektrofotometer LED sederhana dan merupakan bagian dari komponen KIT. *Housing* ini dirancang dengan menggunakan aplikasi *Solid Works* yang kemudian diekspor menjadi *3D-file* dan dicetak menggunakan *3D printer*. *Housing* ini berfungsi sebagai tempat untuk proses analisis berlangsung (Grasse, et al., 2015). *Housing* yang digunakan berwarna hitam, hal ini bertujuan agar sumber cahaya yang dipancarkan dapat dengan mudah untuk diamati. Hal ini sesuai dengan penelitian Arduino (2017) yang menjelaskan bahwa kotak atau tempat proses analisis spektrofotometer sederhana harus menggunakan warna yang gelap agar ketika proses analisis sumber cahaya fokus satu titik. Tampilan dudukan (*Housing*) dapat dilihat pada Gambar 2 berikut:



Gambar 2. Tampilan Dudukan (*Housing*)

2) Celah (*Slit*)

Celah (*slit*) dibuat dengan menggunakan aplikasi *Solid Works* yang kemudian diekspor menjadi *3D-file*. Celah ini dirancang untuk menjadi bagian yang dapat dilepas dari perangkat. Celah ini berupa lempengan berbentuk persegi panjang horizontal dengan ukuran celah sebesar 1.0 mm (Grasse, et al., 2015).

Lebar celah terikat dengan teori resolusi dalam instrumen. Celah yang lebih besar akan menyebabkan keluarnya warna komponen tidak beraturan dan mengurangi kemampuan untuk membedakan panjang gelombang, sedangkan lebar celah yang kecil atau sempit akan meningkatkan ketajaman fiturspektral, sehingga cahaya yang dipancarkan beraturan dan bergerat satu titik (Opstal & Fitch, 2018). Tampilan celah (*slit*) dapat dilihat pada Gambar 3 berikut:



Gambar 3. Tampilan Celah (*Slit*)

3) Kotak kuvet (Cuvette Box)

Kotak kuvet merupakan tempat untuk menyimpan kuvet 1 cm yang berbentuk persegi panjang dan berada pada dudukan (*housing*) (Grasse, et al., 2015). Kotak kuvet dapat dilihat pada Gambar 4 berikut:



Gambar 4. Kotak kuvet (Cuvette Box)

4) Cermin Aluminium

Pada *housing* kuvet sampel diletakan secara vertikal, hal ini menunjukkan bahwa proses pemancaran cahaya akan bergerak secara horizontal dari celah melalui kuvet. Cahaya kemudian kembali dipantulkan secara vertikal sehingga *smartphone* bisa diopisiskan dengan sudut 45° (Grasse, et al., 2015). Proses pemantulan pada cermin ini merupakan pemantulan teratur. Hal ini sesuai dengan teori pemantulan cahaya yang menjelaskan bahwa ketika sinar atau cahaya datang pada cermin datar, sinar pantul akan sejajar dan teratur (Giancoli, 2001:101).

Cermin yang digunakan merupakan cermin aluminium yang dipotong dengan ukuran 1x1 cm dan diposisikan dengan sudut 45° (Grasse, et al., 2015). Cermin aluminium tersebut bisa ditemukan di lingkungan kita sehingga memudahkan dalam mencarinya dan banyak pemasok cermin aluminium di pasaran. Cermin aluminium tersebut dapat di lihat pada Gambar 5 berikut:



Gambar 5. Cermin aluminium 1x1 cm

5) Kisi Difraksi

Kisi difraksi merupakan suatu komponen yang digunakan untuk proses analisis sumber cahaya. Kisi difraksi dibuat dar plat logam atau kaca, pada permukaan kisi difraksi terdapat slit-slit pararel yang sama jaraknya. Ketika seberkas sinar dipancarkan yang kemudian ditransmisikan menuju kisi difraksi maka akan dihasilkan suatu pola difraksi (Giancoli, 2001:84).

Kisi difraksi yang digunakan dalam KIT ini yaitu kisi difraksi 600 line/mm dan kisi difraksi tersebut bisa ditemukan di pasaran dan di toko-toko peralatan laboratorium (Grasse, et al., 2015). Tampilan kisi difraksi dapat dilihat pada Gambar 6 berikut:



Gambar 6. Kisi Difraksi

6) Sumber Cahaya

Sumber cahaya yang digunakan pada KIT ini memiliki intensitas cahaya 8600 lumen. Sumber cahaya yang digunakan bisa menggunakan senter, lampu meja dan yang lainnya (Grasse, et al., 2015). Akan tetapi intensitas cahaya yang dipancarkan harus lebih dari 8600 lumen, agar spektrum warna yang dihasilkan lebih terlihat jelas dan akan mempermudah dalam proses analisis.

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Arduino (2017) menjelaskan bahwa intensitas cahaya yang stabil dengan lumen yang besar dengan kisaran 8600 lebih akan menghasilkan hasil pengukuran yang lebih akurat dibandingkan dengan sumber cahaya yang memiliki intensitas cahaya rendah yang kurang dari 8600 lumen. Hal ini menunjukkan bahwa sumber cahaya yang digunakan peneliti valid untuk digunakan dalam proses analisis. Sumber cahaya yang digunakan peneliti berupa senter dengan intensitas cahaya sebesar 8800 lumen, dapat dilihat pada Gambar 7 berikut:



Gambar 7. Sumber cahaya (Senter)

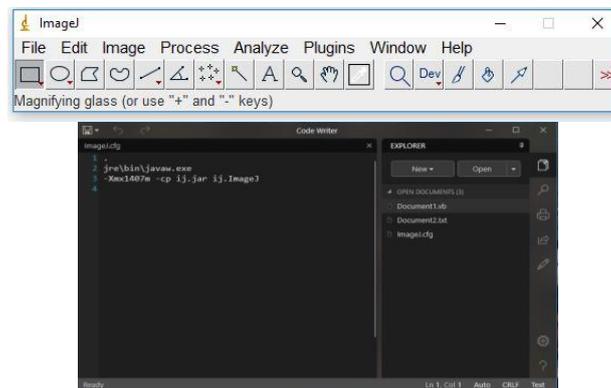
7) Kuvet (Cuvette)

Kuvet merupakan tempat penyimpanan sampel yang akan dianalisis. Kuvet yang digunakan berupa kuvet *disposable* (terbuat dari plastik atau teflon) yang berukuran 1 cm (Grasse, 2015). Dalam penggunaan kuvet ketika proses analisis dilarang atau tidak diperbolehkan memegang bagian bening kuvet, akan tetapi harus memegang bagian kasar. Hal ini akan memungkinkan kesalahan dalam penginterpretasian data yang diperoleh, sehingga lemak pada jari tangan akan menempel pada bagian kuvet ketika memegang bagian bening, sebelum proses analisis harus dilakukan kalibrasi terlebih dahulu (Opstal & Fitch, 2018). Tampilan kuvet dapat dilihat pada Gambar 8 berikut:



Gambar 8. Kuvet disposable 1 cm

Selain komponen-komponen yang disebutkan di atas, dalam penggunaan KIT ini, peneliti juga menggunakan *software imageJ*. *software* ini digunakan untuk mengubah file gambar spektrum warna yang telah disimpan dalam bentuk JPG dan diubah menjadi kurva yang diinginkan peneliti. Kurva yang diperoleh berupa puncak (*peak*) perbandingan intensitas normal dan panjang gelombang dalam satuan nanometer (nm) (Grasse, *et al.*, 2015). Adapun tampilan *software ImageJ* dapat dilihat pada Gambar 9 berikut:



Gambar 9. Tampilan *software imageJ*

Software imageJ tersebut dapat didownload pada *link* berikut <http://imagej.nih.gov/ij/>. Adapun untuk penggunaan *software* tersebut dapat dilihat pada *link* berikut <https://smithlab.uakron.edu/specphonedesign/>. Sebelum dilakukan analisis alangkah lebih baik praktikan harus menyiapkan *software* ini. Hal ini bertujuan untuk mempermudah praktikan dalam mengetahui data yang diinginkan praktikan (Grasse, *et al.*, 2015).

b. Cara Penggunaan KIT Eksperimen Spektrofotometer LED Sederhana

KIT eksperimen spektrofotometer LED sederhana merupakan KIT yang dirancang untuk menganalisis suatu sampel dengan hasil berupa spektrum warna. Kemudian spektrum warna yang dihasilkan diolah menggunakan *software imageJ*. Pada penelitian yang telah dilakukan oleh Grasse *et al.*, (2015) ada dua tahap yang digunakan dalam proses analisis menggunakan KIT eksperimen spektrofotometer LED sederhana diantaranya sebagai berikut:

1) Analisis Menggunakan KIT Eksperimen Spektrofotometer LED Sederhana

Dalam proses analisis menggunakan KIT eksperimen spektrofotometer LED sederhana ini ialah; a). Disiapkan KIT yang akan digunakan dan pastikan ruangan/lingkungan yang akan digunakan untuk

tempat analisis jauh dari cahaya luar (gelap) dan tempatkan *smartphone* yang akan digunakan pada dudukan serta buka aplikasi kamera pada *smartphone*. b). Menentukan pencahayaan yang tepat, dalam penggunaan kamera *smartphone* disarankan untuk memakai *smartphone* yang memiliki *pixel* yang cukup besar. Hal ini dikarenakan akan mempengaruhi hasil gambar yang akan diperoleh. Kemudian cahaya yang masuk kedalam KIT harus dengan cahaya yang memiliki intensitas merata di semua warna yang akan dihasilkan pada kamera *smartphone*, c) Setelah dilakukan penentuan cahaya, kemudian direkatkan atau dipasangkan semua komponen pada tempatnya, d). Diisi kuvet dengan larutan buffer yang berfungsi sebagai acuan untuk analisis sampel, e). Dimasukkan kuvet kosong yang sudah dibilas atau dikalibrasi dengan larutan buffer dan diambil spektrum warna yang dihasilkan. Ketika sudah didapatkan spektrum warna dari hasil kalibrasi, kemudian dilakukan analisis dengan menggunakan sampel yang akan diuji. Selanjutnya, masukkan sampel yang akan diuji sebanyak 1 ml, kemudian masukkan kuvet ke dalam kotak kuvet yang tersedia pada *housing* dan gunakan kamera *smartphone* untuk mengambil gambar spektrum warna. Setelah itu, dilakukan analisis untuk sampel kedua yaitu dengan mengkalibrasi terlebih dahulu kuvet yang akan digunakan, kemudian dimasukkan ke dalam kotak kuvet dan diambil gambar spektrum warna yang dihasilkan. Selanjutnya, dilakukan analisis untuk sampel kedua dengan spektrum warna acuan yang sudah didapatkan pada saat kalibrasi. Kemudian ulangi langkah-langkah tersebut untuk pengujian sampel yang lainnya. Terakhir, gambar spektrum warna yang dihasilkan kemudian diimpor ke komputer, tepatnya menggunakan *software imageJ* (Grasse, et al., 2015).

2) Cara Analisis Menggunakan Software ImageJ

Spekrogram yang direkan oleh KIT eksperimen spektrofotometer LED sederhana berisi informasi mengenai panjang gelombang dan intensitas cahaya. Untuk menganalisis data secara kuantitatif, informasi intensitas harus dibaca dari file gambar digital dan dikonversi dari piksel ke panjang gelombang. Pada penggunaan *software* ini dijelaskan dua tahap. Tahap pertama adalah mengubah foto menjadi intensitas dan spektrum serapan cahaya. Gambar yang dihasilkan ditransfer dari *smartphone* ke komputer, tahap kedua yaitu mengubah piksel menjadi panjang gelombang (Grasse, et al., 2015). Jika *software imageJ* belum ada pada komputer yang akan digunakan, unduh dan instal menggunakan link berikut <http://imagej.nih.gov/ij/>. *ImageJ* merupakan *software* bebas sumber terbuka platform-independen yang dikembangkan oleh *National Institutes of Health*. *Software* ini sangat cocok digunakan untuk mengubah data spektral dari gambar atau foto. Untuk cara penggunaan *software imageJ* dapat dilihat pada lembar kerja yang tersedia pada link berikut: <https://pubs.acs.org/doi/full/10.021/acs.jchemed.5b00654> (*Protocol 1: image processing and calibration*) (Grasse, et al., 2015).

c. Hasil Uji Validasi KIT Eksperimen Spektrofotometer LED Sederhana

Pada tahap ini, validator menilai KIT eksperimen spektrofotometer LED sederhana berdasarkan aspek-aspek yang terapat pada angket validasi diantaranya aspek tampilan, keamanan, sefesiensi alat, lingkungan, keterlaksanaan rancangan praktikum, kesesuaian dengan pembelajaran, dan berfungsi/tidaknya alat. Nilai r_{hitung} rata-rata untuk validasi KIT eksperimen spektrofotometer LED sederhana ini sebesar 0,83 yang lebih besar dari r_{kritis} 0,3. Hal ini menunjukkan bahwa KIT eksperimen spektrofotometer LED sederhana yang telah dibuat dinyatakan valid (Sugiyono, 2017:137).

Nilai r_{hitung} tertinggi sebesar 1 sehingga dinyatakan valid yang didapatkan dari indikator penerapan teori hukum Lambert-Beer dan indikator lingkungan, yaitu penggunaan alat yang dapat mengurangi kuantitas bahan kimia yang digunakan. Sedangkan nilai r_{hitung} terendah yaitu sebesar 0,75 yang diperoleh dari indikator, keberfungsian alat. Dalam hal ini peneliti tidak langsung mencoba penggunaan alat secara maksimal. Hal ini disebabkan karena dalam pemenuhan bahan

laboratorium yang kurang memadai di lingkungan sekitar rumah dan tepatnya sedang berada di kondisi pandemi yang memungkinkan sukar untuk melakukan analisis di laboratorium dengan menggunakan bahan-bahan laboratorium dalam proses percobaan penggunaan KIT. Sehingga peneliti membuat KIT ini hanya dari aspek tampilan KIT nya dan fungsi dari tiap-tiap komponennya, tidak sampai melakukan eksperimen.

Nilai r_{hitung} yang diperoleh pada indikator desain KIT eksperimen spektrofotometer LED sederhana ini sudah dilakukan perbaikan sesuai saran dari validator. Hal ini sesuai dengan penelitian Epinur dkk., (2015:419) bahwa kriteria yang harus menjadi keunggulan KIT diantaranya yaitu tampilan fisik menarik, tidak mudah rusak dan aman ketika digunakan. Rekapitulasi hasil validasi KIT dapat dilihat pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Rekapitulasi hasil validasi KIT eksperimen spektrofotometer LED sederhana

No	Indikator Penilaian	r_{hitung}	r_{kritis}	Hasil
1	Tampilan fisik KIT spektrofotometer:	0,83	0,3	Valid
	a. Desain KIT spektrofotometer LED sederhana menarik			
	b. Rangkaian alat tersusun rapi	0,92	0,3	
	c. Terdapat senter LED	0,92	0,3	
	d. Terdapat kisi difraksi 600 line/mm	0,92	0,3	
	e. Terdapat cermin aluminium ukuran 1x1 cm	0,83	0,3	
	f. Terdapat kuvet 1 cm	0,75	0,3	
g. Terdapat dudukan untuk menyimpan <i>smartphone</i> yang berguna sebagai scanner warna (pada kamera)	0,83	0,3		
2	Efisiensi alat :	0,83	0,3	Valid
	a. Alat mudah dirangkai			
	b. Alat mudah digunakan	0,83	0,3	
	c. Alat mudah dibersihkan	0,75	0,3	
d. Alat mudah dibongkar pasang	0,83	0,3	Valid	
3	Keberfungsian alat :	0,75	0,3	Valid
	a. Menghasilkan spektrum warna dan panjang gelombang dari setiap larutan			
	b. LED sebagai sumber cahaya yang masuk ke <i>housing</i> dengan intensitas cahaya yang stabil	0,75	0,3	
	c. Kisi difraksi untuk menentukan panjang gelombang cahaya tampak	0,75	0,3	
d. Celah (<i>slit</i>) sebagai bagian yang dapat di lepas dari perangkat untuk menggambarkan prinsip resolusi	0,83	0,3	Valid	
4	Tingkat keterlaksanaan rancangan praktikum : Prkatikum dengan menggunakan alat ini akan mudah	0,83	0,3	Valid
5	Aspek keamanan :	0,92	0,3	Valid
	a. Alat ini tidak berbahaya bagi pengguna			
b. Bahan dasar pembuatan alat tidak berbahaya bagi pengguna	0,75	0,3	Valid	
6	Kesesuain dengan pembelajaran	0,83	0,3	Valid
	a. Alat ini dibutuhkan dalam praktikum analisis spektrofotometri, khususnya materi spektrofotometri pada mata kuliah instrumentasi kimia.			
	b. Alat ini dapat menerangkan prinsip hukum Lamber-Beer	1	0,3	
c. Alat ini menjadikan praktikan lebih terampil dan teliti	0,83		Valid	
7	Aspek ekonomi	0,92	0,3	Valid
	a. Biaya yang dibutuhkan dalam pembuatan alat ini murah			
b. Biaya pembuatan alat ini dapat dijangkau oleh institusi maupun lembaga	0,92	0,3	Valid	
8	Aspek lingkungan Pembuatan alat ini mengurangi kuantitas bahan kimia yang digunakan.	1	0,3	Valid
Rata-rata		0,83		Valid

Terdapat beberapa saran perbaikan dari validator terhadap KIT eksperimen spektrofotometer LED sederhana yaitu perlu dibuatnya buku petunjuk penggunaan yang didalamnya dijelaskan fungsi dari masing-masing komponen dan cara menggunakan KIT. hal ini bertujuan untuk memudahkan dalam penggunaan KIT tersebut.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pembuatan KIT eksperimen spektrofotometer LED sederhana untuk analisis ion logam dalam air menghasilkan tampilan KIT eksperimen spektrofotometer LED sederhana dengan karakteristik menarik, mudah digunakan, biaya dalam pembuatannya murah, sehingga para calon pendidik dapat memiliki keterampilan untuk dapat mengembangkan alat yang serupa jika kurang mendukungnya sarana di laboratorium. Adapun cara penggunaan KIT ini yaitu dibagi kedalam dua cara diantaranya, cara analisis menggunakan KIT atau secara prosedural praktikum dan cara penggunaan menggunakan aplikasi imageJ. Hasil uji validasi dari kedelapan aspek yang dinilai menunjukkan nilai r_{hitung} 0,75-1 dengan rata-rata r_{hitung} 0,83. Hal ini menunjukkan bahwa KIT eksperimen spektrofotometer LED sederhana ini valid. Karena menurut Sugiyono (2012:133) apabila nilai r_{kritis} 0,30 maka instrumen dinyatakan valid dan jika nilai r_{hitung} kurang dari nilai r_{kritis} 0,30 maka instrumen dinyatakan tidak valid. Pada penelitian ini didapatkan nilai r_{hitung} lebih dari 0,30 sehingga dapat dinyatakan valid.

KIT eksperimen spektrofotometer LED sederhana ini memiliki kelebihan diantaranya, dapat digunakan untuk analisis ion logam besi dalam air, KIT bisa dibawa kemana-mana dan komponen dapat dilepas pasang, harga untuk pembuatan KIT ini tidak mahal dan dapat memenuhi kebutuhan instrumen kimia di laboratorium. Adapun untuk kekurangannya, KIT ini akan lebih akurat penggunaannya ketika menggunakan kamera iPhone 5 dan KIT hanya dapat digunakan untuk analisis ion logam besi. Berdasarkan hasil validasi, KIT eksperimen spektrofotometer LED sederhana dapat digunakan dalam proses pembelajaran khususnya dalam kegiatan praktikum dengan beberapa saran perbaikan dari para ahli bidang kimia dan media. Oleh karena itu, peneliti media pembelajaran berupa KIT ini perlu dilanjutkan untuk mengembangkannya agar dapat digunakan untuk analisis menggunakan *handphone* android lain dan bisa digunakan untuk analisis ion logam lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Arduino. (2017). Pembuatan Spektrofotometri Visabel 470 nm Menggunakan Arduino UNO R3 Manufacturing Spektrofotometri Visibel 470 Nm Using Arduino Uno R3. *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia*, 2(1), 26–28.
- Brojonegoro, S. (2015). LKS Materi Larutan Elektrolit dan Non Elektrolit Bernasis Multiple Representasi Menggunakan Model Simayang. *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Kimia*, 4(1), 236–247.
- Cahyono, E., & Wijayati, N. (2016). Pengembangan KIT Stoikiometri Untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Siwa Melalui Pembelajaran Scientific Approach. *Journal of Innovative Science Education Approach*, 3(1), 394–403.
- Epinur, Afrida, Syahri, W., & Purwanti, I. (2015). Pengembangan KIT Praktikum Dan Lembar Kegiatan Peserta Didik (LKPD) Materi Laju Reaksi Untuk Siswa SMA. *Prosiding Semirata 2015 Bidang MIPA BKS - PTN Barat*, (skor 92), 418–424.
- Giancoli, Douglas, C. 2001. Fisika Edisi Kelima Jilid 2. Erlangga: Jakarta.
- Grasse, E. K., Torcasio, M. H., & Smith, A. W. (2015). Teaching UV – Vis Spectroscopy with a 3D-Printable Smartphone Spectrophotometer. *Journal of Chemical Education*, 93(1), 146–151. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.5b00654>

- Gusbandono Toto, Sukardjo, JS, dan U. B. S. (2013). Pengaruh Metode Pembelajaran Kooperatif Student Team Achievement (STAD) Dilengkapi Media Flash dan Plastisin Terhadap Representasi Belajar Siswa Pada Pokok Bahasan Ikatan Kimia Kelas X Semester 1 sma Negeri 1 Sambungmacan Tahun Pelajaran 2012/2013. *Jurnal Pendidikan Kimia*, 2(4), 102–109.
- Halimah, M., Ayuni, N. D., & Hadiyati, Y. (2017). Uji Kelayakan KIT Praktikum Pengujian Kepolaran Senyawa dari Material Sederhana. *Jurnal Riset Pendidikan Kimia*, 7(1), 52–58.
- Hess, A. K. N., dan Greer, K. (2016). Designing for Engagement: Using the ADDIE Model to Integrate High-Impact Practices into an Online Information Literacy Course. *Communications In Information Literacy*, 10(2264–282).
- Kennedy, S., dan C. (2013). Design - Based Research and the Higher Degree Research Studen. *Journal of Learning Design*, 6(2), 26–32.
- Lima, M. G. (2014). Integrating a Smartphone and Molecular Modeling for Determining the Binding Constant and Stoichiometry Ratio of the Iron(II) – Phenanthroline Complex: An Activity for Analytical and Physical Chemistry Laboratories. *Journal of Chemical Education*, 2(li), 142–152. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.6b00112>.
- Mara, F., Alfian Zul, D., & Harry, A. (2013). Penentuan Kadar Unsur Besi, Kromium, dan Aluminium dalam Air Baku dan Pada Pengolahan Air Bersih di Tanjung Gading Dengan Metode Spektrofotometri Serapan Atom. *Jurnal Saintia Kimia*, 1(2), 2–5.
- Opstal, M. T. Van, Nahlik, P., Daubenmire, P. L., & Fitch, A. (2018). Physicians as the First Analytical Chemists: Gall Nut Extract Determination of Iron Ion (Fe 2+) Concentration. *Journal of Chemical Education*, 93(4), 148–152. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.7b00524>
- Place, B. J. (2019). Activity Analysis of Iron in Water Using a Simple LED Spectrophotometer, 93(1), 146–151. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.8b00515>
- Pramesty, L. I., & P. (2013). Pengembangan Alat Peraga KIT Fluida Statis Seagai Media Pembelajaran Pada Sub Materi Fluida Statis di Kelas XI IPA SMA Negeri 1 Mojosari , Rosalina Indah Pramesty , Prabowo. *Jurnal Inovasi Pendidikan Fisika*, 02(03), 70–74.
- Pramesty, L. I., & P. (2013). Pengembangan Alat Peraga KIT Fluida Statis Seagai Media Pembelajaran Pada Sub Materi Fluida Statis di Kelas XI IPA SMA Negeri 1 Mojosari , Rosalina Indah Pramesty , Prabowo. *Jurnal Inovasi Pendidikan Fisika*, 02(03), 70–74.
- Pratikta, M. L. (2017). Studi Penggunaan Spektrofotometer Sederhana untuk Mendeteksi Logam Berat Kromium dalam Limbah Pabrik Tekstil. *Journal Studi Fisika*, 1(3), 110–112.
- Priyanto Nandang, Dwiyanto, & A. F. (2008). Analisis Kandungan Logam Berat (Hg , Pb , Cd , dan Cu) Pada Ikan dan Air Menggunakan Metode Spektrofotometri. *Jurnal Pascapanen Dan Bioteknologi Kelautan Dan Perikanan*, 3(1), 69–78.
- Sari & Hidayat Resti Yulianti. (2017). Pengembangan Keterampilan Berpikir Kreatif Siswa Pada Praktikum Jenis-Jenis Koloid: Pendekatan Saintifik. *Jurnal Tadri Kimiya*, 1(1), 32–37.
- Sugiyono. (2013). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Sugiyono. (2017). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.

Suharsimi, A. (2006). *Prosedur penelitian suatu pendekatan praktik*. Jakarta: Rineka Cipta.

Williams, J. L., Miller, M. E., Avitabile, B. C., Burrow, D. L., Schmittou, A. N., Mann, M. K., & Hiatt, L. A. (2017). Teaching Students To Be Instrumental in Analysis: Peer-Led Team Learning in the Instrumental Laboratory. *Journal of Chemical Education*, 8(4), 3–4. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.7b00285>.

Yohan, Astuti, & W. (2018). Pembuatan Spektrofotometer Edukasi Untuk Analisis Senyawa Pewarna Makanan. *Journal et Natura Acta*, 6(3), 111–115.