

FABRICATION OF *SPECTRO-ANIMATION* AS A LEARNING MEDIA TO IMPROVE STUDENT UNDERSTANDING ON BOHR'S CONCEPT OF ATOMIC STRUCTURE

PEMBUATAN SPECTRO-ANIMATION SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN UNTUK MENINGKATKAN PEMAHAMAN SISWA PADA KONSEP STRUKTUR ATOM BOHR

ANDRI AGUSTINA¹, KHOIRUL ANAM², SRI BULAN³

MAN Insan Cendekia Pekalongan

agustina.andri3@gmail.com¹, blogkhoirulanam@gmail.com², sribulan11976@gmail.com³

DOI: <https://doi.org/10.52048/inovasi.v16i2.339>

ABSTRACT

The objective of this study is to create spectro-animation, which will be used to teach the Bohr atomic structure. Spectro-animation media is made up of hardware combined with animation software. This study followed the Borg and Gall research and development (R&D) technique in three stages: design research and literature review, design and manufacture, and product development. The following data collection procedures were employed in this study: tests, observation sheets (observations), and questionnaires (questionnaires). A paired sample t-test is used to analyze pre-test and post-test data, and the n-Gain is used to measure the efficiency of the tools and procedures used. Chemistry professionals and teachers assessed the resulting spectro-animation media for validity and feasibility. The animated media content validation findings suggest a very good category. The finished product was tested on 20 students from Science Class X. From the average pre-test to the average post-test, pupils' knowledge improved. The t-test findings revealed substantial differences in understanding Bohr's atomic structure before and after utilizing the media, and the N-Gain score indicated that it was effective in the medium category. The feasibility test by specialists and chemistry teachers both yielded a very feasible category, implying that spectro-animation media is effective and may be used to teach the atomic structure of Bohr.

Keywords: *Spectro-animation, spektrometer, visualization, Bohr atomic structure*

ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuat *spectro-animation*, yang akan digunakan untuk mengajarkan struktur atom Bohr. Media *spectro-animation* terdiri dari perangkat keras yang digabungkan dengan perangkat lunak animasi. Studi ini mengikuti teknik penelitian dan pengembangan (R&D) Borg and Gall dalam tiga tahap: penelitian desain dan tinjauan literatur, desain dan manufaktur, dan pengembangan produk. Prosedur pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah: tes, lembar observasi (observasi), dan angket (kuesioner). *Paired sample t-test* digunakan untuk menganalisis data *pre-test* dan *post-test*, dan n-Gain digunakan untuk mengukur efisiensi alat dan prosedur yang digunakan. Pakar dan guru kimia menilai validitas dan kelayakan media *spectro-animation* yang dihasilkan. Hasil validasi konten media animasi menunjukkan kategori sangat baik. Produk jadi diujikan kepada 20 siswa kelas X IPA. Dari rata-rata *pre-test* menjadi rata-rata *post-test*, pengetahuan siswa meningkat. Temuan *t-test* mengungkapkan perbedaan signifikan dalam memahami struktur atom Bohr sebelum dan sesudah memanfaatkan media, dan skor N-Gain menunjukkan bahwa itu efektif dalam kategori sedang. Uji kelayakan oleh pakar dan guru kimia menghasilkan kategori yang sangat layak, sehingga media animasi spektro

Rumusan Masalah

Adapun yang menjadi fokus dalam pembahasan penelitian ini adalah:

1. Bagaimana desain dan bentuk media *Spectro-animation* yang efektif untuk meningkatkan pemahaman siswa pada konsep struktur atom Bohr?
2. Bagaimana pemahaman siswa sebelum dan sesudah menggunakan media *Spectro-animation* pada konsep struktur atom Bohr?
3. Bagaimana efektivitas, efisiensi, dan kepraktisan media *Spectro-animation* yang dikembangkan?

B. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

- A. Mengetahui pemahaman siswa sebelum dan sesudah menggunakan media *Spectro-animation* pada konsep struktur atom Bohr.
- B. Menghasilkan desain dan bentuk media *Spectro-animation* yang efektif untuk meningkatkan pemahaman siswa pada konsep struktur atom Bohr.
- C. Mengetahui efektivitas, efisiensi, dan kepraktisan menggunakan media *Spectro-animation* yang dikembangkan.

D. Manfaat Penelitian

1. Bagi siswa dapat menumbuhkan minat dan motivasi dalam belajar.
2. Bagi guru sebagai alternatif media pembelajaran, sehingga dapat membuat pembelajaran struktur atom Bohr menjadi pembelajaran yang menyenangkan.
3. Bagi peneliti, sebagai suatu pengalaman berharga bagi seorang guru, yang selanjutnya dapat dijadikan masukan untuk mengembangkan media pembelajaran.

E. Spesifikasi Produk yang Dihasilkan

Produk yang dihasilkan pada penelitian ini berupa media *Spectro-animation* yang digunakan pada pembelajaran konsep struktur atom Bohr, yang memiliki spesifikasi sebagai berikut:

1. Media *Spectro-animation* disusun dan dikembangkan berdasarkan analisis kurikulum dan buku teks.
2. Media *Spectro-animation* terdiri dari hardware dan software. Hardware berupa kotak kayu

berukuran 40 cm x 10 cm x 10 cm dan software animasi dan theremino spektrometer.

3. Komponen hardware yang digunakan pada *Spectro-animation* adalah webcam C270 HD 1280x720, diffraction grating (keping DVD), Lensa cembung (lup), slit (dua buah pisau cutter yang dipasang sejajar), dan sumber cahaya (lampu neon/fluorescence, filament, LED, halogen).
4. Software animasi dan theremino spektrometer dapat berjalan optimal pada computer dengan spesifikasi minimal, processor 2.26 GHz, RAM 1 GB, HDD 350 GB dan OS windows XP.
5. Media *spectro-animation* dapat digunakan sebagai media pembelajaran pada konsep struktur atom Bohr disertai panduan penggunaan alat pada lembar kerja siswa (LKS) dan rencana pelaksanaan pembelajaran (RPP).
6. Media *spectro-animation* dikembangkan menggunakan bahan yang mudah didapat dan murah, serta praktis dan mudah digunakan.

KAJIAN TEORI

A. Peranan Media dalam Pembelajaran Kimia

Para ahli memberikan pengertian mengenai istilah media pembelajaran diantaranya: mengatakan bahwa Secara umum media pembelajaran adalah orang, bahan, atau peristiwa yang menyediakan kondisi bagi siswa untuk memperoleh pengetahuan, keterampilan, atau sikap. Guru, buku pelajaran, dan suasana pendidikan adalah media dalam pengertian ini (Azhar, 2014).

Agar proses belajar mengajar menjadi efektif, siswa harus didorong untuk menggunakan semua indranya. Semakin banyak alat indera yang digunakan untuk menerima dan mengolah informasi, semakin mudah informasi tersebut diinterpretasikan dan dipertahankan dalam memori (Dale dalam Azhar, 2014).

Teori-teori yang melandasi pembelajaran dengan suatu multimedia adalah: teori koding ganda (*dual coding theory*), dan Teori muatan kognitif (*kognitive load theory*).

1. Teori koding ganda (*dual coding theory*)

Dual coding theory merupakan teori yang berasumsi jika manusia mempunyai 2 sistem pengolahan data yang berlainan: satu mewakili data verbal serta visual (Paivio, 2014). Paivio (2014) menguraikan tentang separated dual-code serta integrated

efektif dan dapat digunakan untuk pembelajaran struktur atom Bohr.

Kata kunci: *Spectro-animation*, spektrometer, struktur atom Bohr, visualisasi.

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Ilmu kimia memiliki tiga tingkat representasi yaitu makroskopis, submikroskopik, dan simbolik. Pembelajaran kimia akan lebih lengkap jika diajarkan menggunakan pendekatan ketiga representasi tersebut. Konsep abstrak struktur atom adalah dasar dan penting untuk memahami banyak masalah dalam kimia. Siswa menganggap konsep tersebut sulit. Kesulitan tersebut bermula dari ketidakmampuan siswa dalam mengorganisasikan ketiga tingkatan pengetahuan tersebut secara sistematis. Siswa tidak mampu memvisualisasikan apa yang terjadi pada level molekuler (submikroskopik) kemudian menghubungkannya dengan level makroskopis dan simbolik (Farida et al. 2018). Hal ini juga menyebabkan proses pembelajaran yang berpusat pada guru dan kurangnya media pembelajaran yang menarik. Metode pengajaran dan media pembelajaran merupakan dua komponen penting dalam proses belajar mengajar. Media pembelajaran dapat membantu memperjelas penyajian pesan dan informasi, sehingga mempercepat dan meningkatkan proses dan hasil pembelajaran (Azhar, 2014). Peran media pembelajaran sebagai alat dapat mengubah konsep abstrak menjadi konkrit melalui visualisasi.

Spektroskop sederhana telah banyak dibuat dan digunakan dalam pembelajaran. Yingprayoon dkk. (2020) membuat spektrometer sederhana berbasis mikrokontroler untuk digunakan dalam pembelajaran, Woo, dkk. (2019) membuat spektrometer berbasis *smartphone*, Emmanuel dkk. (2021) membuat spektrometer Raman untuk diaplikasikan dalam pembelajaran, Bruce dkk. (2016) membuat spektrometer untuk mengidentifikasi cahaya infra merah dan gas rumah kaca dalam pembelajaran kimia, Yohan (2018) telah membuat spektrometer edukasi untuk pembelajaran analisis instrumen di SMK 1 Sasmita Jaya, Dewi dkk. (2021) membuat

spektrometer sebagai media pembelajaran pada praktikum pengukuran cahaya, Rahmani, dkk. (Rahmani et al., n.d.) membuat spektrometer dengan menggunakan DVD untuk menguji larutan gula, Sari dkk. (2017) membuat spektrometer untuk menentukan konsentrasi gula. Spektrometer yang telah dibuat masih terbatas pada aspek kualitatif yaitu visualisasi spektrum yang dihasilkan dari suatu sumber cahaya. Prinsip difraksi dan interferensi digunakan dalam spektroskopi untuk membagi cahaya yang menghasilkan objek menjadi garis warna berbeda yang dikenal sebagai spektrum. *Spectro-animation* merupakan pengembangan dari spektroskop yang sudah ada, spektrometer yang dibuat terkoneksi dengan sebuah *personal computer (PC)* melalui *software* *theremino* spektrometer yang bisa diunduh secara gratis di internet. Visualisasi yang dihasilkan dapat menginformasikan spektrum garis pada panjang gelombang tertentu. Visualisasi tersebut kemudian diintegrasikan dengan animasi pada level molekuler (sub-mikroskopik).

Media pembelajaran yang dibuat lebih memunculkan upaya solutif dari masalah spesifik yang dialami oleh siswa dan guru di kelas khususnya pada materi struktur atom Bohr. Materi struktur atom dirasa sulit dipahami siswa dikarenakan konten materi yang bersifat abstrak, kesulitan dalam mengorganisaikan level representasi makroskopi, submikroskopik, dan simbolik. *Spektro-animation* dapat menyajikan materi struktur atom lebih runut dari pembelajaran konkrit berupa praktikum disertai visualisasi dan animasi yang bersifat abstrak.

Berdasarkan uraian di atas, penulis mengadakan penelitian "*Pengembangan Spectro-animation untuk Meningkatkan Pemahaman Siswa pada Konsep Struktur Atom Bohr*". Dengan pembuatan media pembelajaran tersebut diharapkan dapat membantu siswa memahami konsep struktur atom Bohr.

dual-code. Separated dual-code menampilkan perbandingan yang jelas pada model penerimaan ataupun penyimpanan data dalam memori ber sumber pada data yang diberikan, dalam perih ini data visual serta data verbal. Data yang diberikan dalam wujud perkata hendak diterima dalam wujud verbal, sebaliknya data gambar diterima dalam bentuk visual.

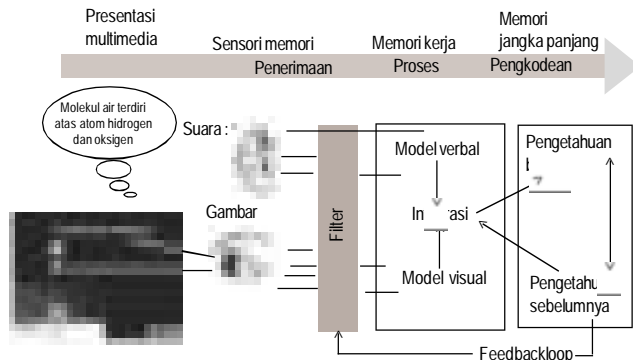
Prinsip *dual coding theory* memberikan penekanan bahwa informasi akan lebih mudah diterima jika materi isampaikan dalam bentuk verbal dan visual yang berkaitan satu sama lainnya. Pembelajaran dengan menggunakan media memungkinkan siswa menerima informasi secara utuh, yaitu representasi verbal dan visual.

2. Teori Muatan Kognitif

Teori muatan kognitif (*cognitive load theory*) Sweller dalam (Rudolph 2017) menyebutkan bahwa muatan kognitif dalam memori kerja dapat disebabkan oleh tiga sumber yaitu: muatan kognitif instrinsik (*intrinsic cognitive load*), muatan kognitif ekstrinsik (*extrinsic cognitive load*), dan muatan kognitif konstruktif (*germane cognitive load*).

Muatan kognitif instrinsik ditentukan oleh tingkat kompleksitas informasi atau materi yang sedang dipelajari, sedangkan muatan kognitif ekstrinsik ditentukan oleh teknik penyajian materi tersebut. Muatan kognitif instrinsik tidak dapat dimanipulasi karena sudah menjadi karakter dari interaktivitas elemen-elemen di dalam materi, sehingga, muatan kognitif instrinsik ini bersifat tetap. Namun, muatan kognitif ekstrinsik dapat dimanipulasi. Teknik penyajian materi yang baik, yaitu yang tidak menyulitkan pemahaman, akan menurunkan muatan kognitif ekstrinsik. (Rudolph, 2017).

Dengan demikian desain pembelajaran yang efektif dalam hal ini media pembelajaran harus diupayakan dalam rangka meminimalkan jumlah dari muatan kognitif instrinsik dan ekstrinsik (Schweppe and Rummer, 2014). Lebih lanjut Johnstone dan Mayer dalam (Rudolph, 2017) memberikan penjelasan mengenai sistem pemrosesan informasi dari suatu multimedia.



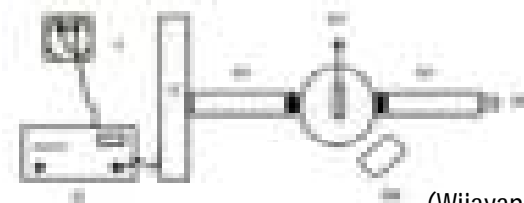
Gambar 1. Pemrosesan Informasi dari Suatu Media, dimodifikasi dari (Rudolph 2017)

Model tersebut menguraikan sistem pemrosesan informasi. Pertama-tama penerimaan rangsangan verbal serta visual oleh memori sensorik, yang setelah itu melewati memori kerja. Pemrosesan informasi oleh memori kerja serta asimilasi data verbal serta visual dibatasi, sehingga data tersebut harus disimpan dalam memori jangka panjang supaya efektif dikala mengingat serta mentransfernya kepada keadaan baru.

Media *spectro-animation* yang dikembangkan wajib dikonstruksi sedemikian rupa sehingga dapat mengurangi beban kognitif ekstrinsik. Pada saat integrasi sensorik digunakan untuk mengolah informasi, didapatkan hasil signifikan yang menampilkan bahwa kapasitas memori kerja sedikit diperluas (Rudolph, 2017).

B. Spektrometer

Spektrometer adalah instrumen optik yang digunakan untuk meneliti objek memakai spektrum elektromagnetik (Vernando Uranus, 2015). Spektrometer digunakan untuk mengamati spektrum sinar ketika dilewatkan terhadap sampel. Spektrometer Spektrometer juga digunakan dalam bidang astronomi serta sebagian disiplin ilmu kimia untuk menciptakan garis spektral serta mengukur panjang gelombang serta intensitasnya. Spektrometri mengacu pada prosedur ilmiah yang memakai instrumen spektrometer. Berikut adalah skema spektrometer:



(Wijayanti, 2018)

Keterangan:

- A : sumber tegangan AC
- B : stabilizer
- C : sumber cahaya
- D1 : kolimator
- D2 : kisi/prisma
- D3 : teleskop
- D4 : skala angular
- D5 : lensa mata

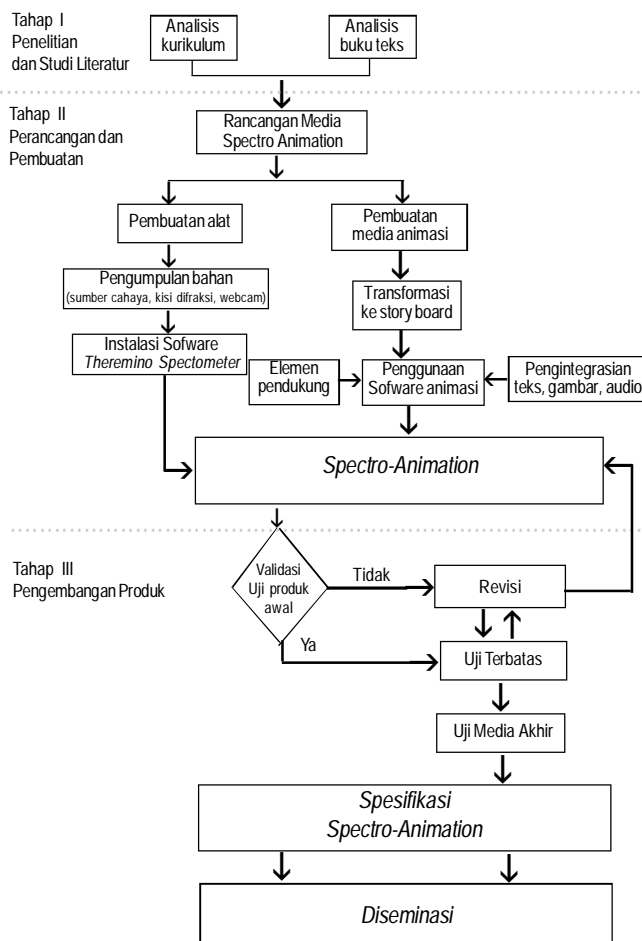
Spektrometer terdiri atas sumber cahaya, slit, lensa kolimator, kisi difraksi (prisma), dan teropong. Cara kerja spektrometer menggunakan prinsip dispersi cahaya. Dispersi cahaya adalah penguraian cahaya polikromatik menjadi spektrum warna (monokromatik). Lensa kolimator menerima cahaya polikromatik dari sumber cahaya, adanya lensa kolimator ini maka cahaya akan sejajar. Cahaya kemudian diarahkan ke cermin prisma, dan spektrum optik terbentuk ketika cahaya melewati cermin prisma. Panjang gelombang dan kecepatan gelombang cahaya kemudian dapat diukur. (dewi, Hasanah, and Adi, 2021).

METODE PENELITIAN

A. Metode dan Desain Penelitian

Penelitian dan Pengembangan (*Research and Development*) menurut Borg and Gall dalam (Sugiyono 2019) digunakan pada penelitian ini. Dipilihnya metode penelitian tersebut dimaksudkan untuk menghasilkan media pembelajaran yaitu *Spectro-animation*. *Spectro-animation* yang dibuat diuji dan diaplikasikan dalam pembelajaran konsep struktur atom Bohr.

Adapun desain penelitiannya sebagaimana digambarkan pada alur berikut ini:



Gambar 2. Alur penelitian

Tahap-tahap pada alur di atas dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Tahap penelitian dan studi literatur

Tahap penelitian dan studi literatur, dilakukan dengan menganalisis kurikulum dan buku teks, dimaksudkan supaya materi pembelajaran disesuaikan dengan kompetensi siswa yang diinginkan.

2. Tahap perancangan dan pembuatan

Pada tahap ini terdiri dari dua jenis kegiatan; yaitu perancangan dan pembuatan alat dan media animasi. Perancangan alat merujuk pada desain konstruksi spektrometer, sedangkan perancangan media animasi berdasarkan analisis kurikulum yang ditransformasikan ke dalam bentuk visualisasi. Pembuatan media animasi bertujuan untuk memvisualisasikan konsep struktur atom Bohr. Hasil analisis kurikulum dan buku teks kemudian ditransformasikan ke dalam bentuk visualisasi.

3. Tahap Pengembangan Produk

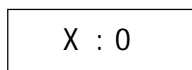
a. Validasi/Uji Coba Produk

Tahap selanjutnya adalah validasi, validasi

merupakan tahapan penting dan menentukan dalam menghasilkan suatu produk media yang akan dihasilkan. Pada tahap ini dilakukan validasi isi (*content validity*) dan validasi media. Validasi dilakukan oleh pakar media dan pakar ilmu kimia dan beberapa guru kimia yang tergabung dalam MGMP kimia.

b. Uji coba terbatas

Setelah media pembelajaran menandatangani nilai layak, kemudian diberikan uji terbatas kepada siswa yang dipilih sebagai pengguna media pembelajaran yang telah dikembangkan, menggunakan pre-eksperimen model *single one shot case study*. Sebagaimana gambar berikut ini:

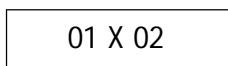


Gambar 3. Model *single one shot case study*

X : Treatment penerapan media
O : Observasi

c. Uji Coba Produk akhir

Pengujian tersebut dimaksudkan untuk mengetahui pengaruh penggunaan media *spectro-animation* dalam pembelajaran konsep struktur atom Bohr. Pengujian dilakukan menggunakan metode pra-eksperimen model one group *pre-test post-test* seperti digambarkan berikut ini:



Gambar 4. Model *one group pre-test post-test* (Sugiyono, 2019)

01 : Pre-test
02 : Post-test
X : Treatment (penerapan media)

B. Populasi dan Sampel Penelitian

siswa-siswi kelas X MIPA MAN Insan Cendekia Pekalongan tahun pelajaran 2022/2023 terdiri dari 3 (tiga) kelas berjumlah 72 siswa, adalah populasi dalam penelitian ini. Teknik pengambilan sampel yang dipakai dalam penelitian ini adalah *cluster sampling*. Sampel dalam penelitian ini adalah siswa kelas X MIPA 1,

C. Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah tes, lembar pengamatan, dan angket (*questionnaires*). Validitas dan Reliabilitas Instrumen menggunakan rumus korelasi produk moment dengan aplikasi SPSS.

D. Teknik Pengumpulan Data

Tes, lembar pengamatan (*observasi*), dan angket (*questionnaires*) adalah teknik pengumpulan data yang digunakan pada penelitian ini. Instrumen tes digunakan untuk mendapatkan data kuantitatif berupa skor *pre-test* dan *post-test*, sedangkan lembar pengamatan dan angket adalah data kualitatif berupa narasi deskripsi respon guru, siswa, dan validator terhadap alat.

E. Analisis Data

Metode untuk menganalisis data *pre-test* dan data *post-test* adalah menggunakan uji-t (*Paired Sample t-Test*). Uji ini dilakukan untuk membandingkan skor siswa hasil *pre-test* dengan skor siswa hasil *post-test*. Pada uji-t ini, dilakukan uji dua pihak antara hipotesis nol (H_0) dengan hipotesis tandingannya (H_1). (H_0) : tidak terdapat pengaruh yang signifikan antara rata-rata nilai *pre-test* sebelum menggunakan media *spectro-animation* dengan rata-rata nilai *post-test* sesudah menggunakan media *spectro-animation*. (H_1) : Terdapat pengaruh yang signifikan antara rata-rata nilai *pre-test* sebelum menggunakan media *spectro-animation* dengan rata-rata nilai *post-test* sesudah menggunakan media *spectro-animation*. Dengan menggunakan taraf signifikansi 95 % maka: (H_0) diterima jika nilai signifikansi > 0,05 atau H_1 ditolak. (H_0) ditolak jika nilai signifikansi < 0,05 atau H_1 diterima.

Selain uji-t, untuk mengetahui efektivitas penggunaan media *Spectro-animation*, juga digunakan uji N-Gain. Rumus untuk menentukan skor N-Gain adalah sebagai berikut:

$$N - Gain = \frac{\text{skor posttest} - \text{skor pretest}}{\text{skor ideal} - \text{skor pretest}}$$

Tabel 1.1 Kriteria skor

Skor N-Gain	Kriteria
$g \leq 0,3$	Kurang
$0,3 < g \leq 0,7$	Sedang
$g > 0,7$	Tinggi

Hake dalam (Wahab, Junaedi, and Azhar 2021)

Kriteria tersebut menunjukkan jika media spektro-animation mendapatkan skor N-Gain > 0,3 dapat dikatakan media tersebut efektif dan berada pada kategori sedang atau tinggi.

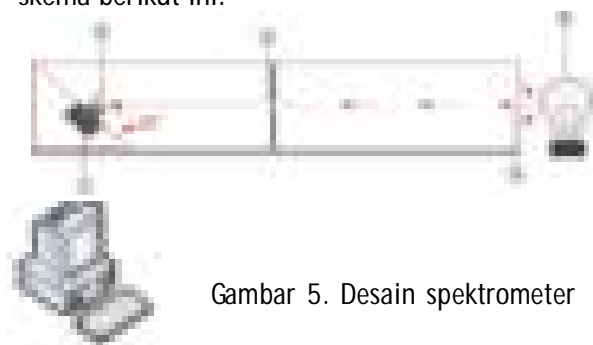
TEMUAN PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

1. Desain Media Spektrometer

Spektrometer dibuat dengan memanfaatkan pemisahan cahaya polikromatik menjadi monokromatik oleh suatu kisi difraksi. Cahaya masuk melalui slit dan jatuh ke kisi difraksi (grating), cahaya tersebut didifraksikan sehingga memiliki panjang gelombang dan sudut yang berbeda. Citra spektrum tersebut kemudian masuk ke detektor berupa webcam yang terkoneksi ke *software* melalui *personal computer (PC)*. Berikut adalah komponen yang digunakan pada pembuatan media spektrometer:

- Pada penelitian ini spektrometer dirancang dari kotak kayu berukuran 40cm x 10cm x 10cm. Alat dan bahan yang digunakan adalah:
- Kisi difraksi (diffraction grating) menggunakan keping DVD.
- Webcam USB menggunakan Logitech HD Webcam C270 dengan Spesifikasi video HD (1280 x 720 piksel), perekaman video hingga 1280 x 720 piksel.
- Pisau cutter, Plester/solatape dan lup (lensa cembung)
- Box kayu ukuran 40cm x 10cm x 10cm
- Skrup, Obeng dan Gergaji kayu.

Bahan tersebut dapat dirangkai sebagaimana skema berikut ini:



Gambar 5. Desain spektrometer

Keterangan:

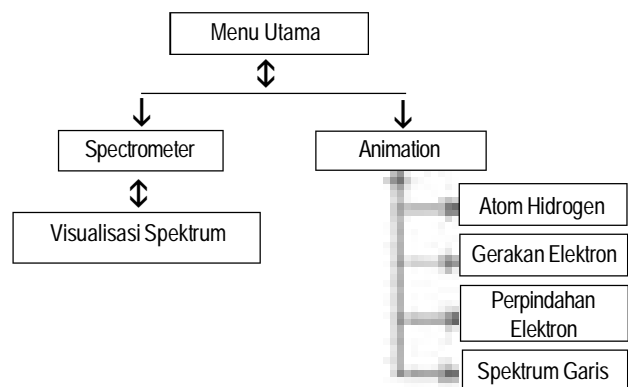
1] Webcam yang terhubung ke komputer, webcam yang digunakan adalah webcam C270 HD 1280 x 720 piksel, digunakan untuk menghasilkan gambar dengan kualitas baik. Webcam ini kemudian terhubung dengan computer (PC) melalui

USB dan terintegrasi dengan software *theremino* spektrometer yang dapat menampilkan spektrum cahaya pada gelombang tertentu. 2] Diffraction grating (keping DVD), menggunakan keping DVD dikarenakan DVD mempunyai jarak antara garis (line track) yang rapat dibanding CD yaitu 0,780 μm . Sehingga mampu menghasilkan spektrum yang diinginkan. 3] Lup (lensa cembung), bertujuan untuk memfokuskan sinar yang datang dari sumber cahaya, sehingga tepat jatuh di diffraction grating. 4] Split (menggunakan dua buah pisau cutter yang dipasang sejajar), bertujuan untuk membatasi sinar yang masuk hanya berasal dari sumber cahaya. 5] Sumber cahaya, menggunakan beberapa sumber diantaranya: lampu filamen, lampu neon, halogen, dan LED.

a. Desain Media Animasi

Hasil analisis kurikulum dan buku teks kemudian ditransformasikan kedalam bentuk visualisasi dan *story board*. Pembuatan *spectro-animation* menggunakan *software macromedia flash 8*. Aplikasi tersebut dapat menginterasikan berbagai media diantaranya, audio, teks, gambar dan animasi.

Berikut ini adalah bagan alir program media animasi



Gambar 6. Bagan Alir Program Media Animasi

Dari bagan tersebut terdiri dari beberapa scene dan dapat diuraikan dalam bentuk *story board* program sebagai berikut:

Scene 1. Menu Utama

Menu utama merupakan menu pop-up yang dapat diklik ke sub menu berikutnya, berisi menu diantaranya: spektrometer dan animation.

Spektrometer: pada menu ini, dapat menampilkan citra spektrum yang dihasilkan dari suatu sumber cahaya, kemudian dapat mengukur pada panjang gelombang tertentu.

Animation : Berisi sub menu visualisasi animasi diantaranya: atom hydrogen, gerakan electron, perpindahan electron pada lintasan, pembentukan spektrum garis.

Scene 2. Visualisasi Spektrum

Pada menu ini, memperlihatkan pola spektrum garis yang dibentuk berdasarkan sumber cahaya. Kemudian dapat ditentukan dapat dianalisis berdasarkan puncak kurva dan panjang gelombang. Menu ini terhubung ke software *theremino* spektrometer.

Scene 3. Atom Hidrogen

Diperlihatkan animasi model atom hidrogen. Electron bergerak mengelilingi inti pada lintasannya. Kemudian diperlihatkan penjelasan berupa narasi teks.

Scene 4. Gerakan elektron

Ditampilkan animasi pergerakan electron mengelilingi inti pada lintasannya.

Scene 5. Perpindahan elektron

Ditampilkan animasi pergerakan electron dan perpindahan electron dari satu lintasan ke lintasan yang lain. Kemudian diperlihatkan proses ketika electron menyerap (absorpsi) dan melepas (emisi) energy, serta diberikan penjelasan berupa teks.

Scene 6. Spektrum garis

Diperlihatkan terbentuknya suatu spektrum sebagai akibat dari perpindahan electron pada lintasan dengan tingkat energi tertentu yang disertai penyerapan (absorpsi) dan pelepasan (emisi) energy.

Langkah pembuatan animasi mengikuti tahap pada perencanaan, yaitu analisis kurikulum dan buku teks kemudian ditransformasikan kedalam bentuk visualisasi dan story board. Elemen yang digunakan pada pembuatan animasi ini yaitu: teks, gambar, animasi dan eksternal software yaitu *theremino* spektrometer.

Produk akhir dari pembuatan animasi ini yaitu software *spectro-animation* yang merupakan gabungan antara *software theremino spektrometer* dengan *software animation*.

Berikut ini adalah tampilan software *Spectro-animation*



Gambar 7. Tampilan Software *Spectro-animation*

2. Pembuatan Spektrometer

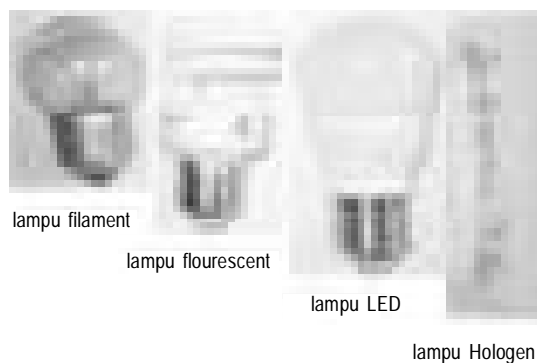
Pada penelitian ini, spektrometer dibuat dari kotak kayu berukuran 40cm x 10cm x 10cm, kisi difraksi dari DVD-R kosong, dan webcam C270 HD 1280 x 720 piksel, lensa cembung (lup), slit dari pisau cutter. Berikut adalah tahapan pembuatan *spectro-animation*:

- Membuat box kayu ukuran 40cm x 10cm x 10cm dengan ketebalan kayu 1,5cm.
- Membuat celah sempit (slit) dengan mata pisau *cutter*. Berfungsi untuk mengarahkan sinar masuk sejajar dengan kisi difraksi (*grating*).
- Menempatkan lensa cembung (lup) diantara slit dan difraksi *grating*. Lensa tersebut dimaksudkan supaya cahaya dari slit tidak terhambur sehingga menjadi tegak lurus dan mengenai *grating* dengan jarak 6cm dari slit.
- Menempatkan DVD-R kosong yang berfungsi sebagai *grating*. DVD-R mempunyai *pitch* 0,74 im (Vernando and Uranus 2015). DVD-R yang belum digunakan terlebih dahulu dilepas bagian depannya menggunakan lakban kemudian ditempatkan pada kotak hitam, sehingga cahaya yang masuk dari slit mengenai *grating* dengan orientasi sudut 30°. Jarak antara lup dengan *grating* yaitu 13,5 cm.
- Menempatkan webcam C270 HD 1280 x 720 piksel sebagai sensor gambar untuk menangkap pantulan spektrum dari permukaan *grating* DVD-R. jarak webcam dengan *grating* berimpit yaitu sekitar 1cm.
- Memasang fitting dan saklar pada box kayu, untuk menempatkan lampu sebagai sumber cahaya.

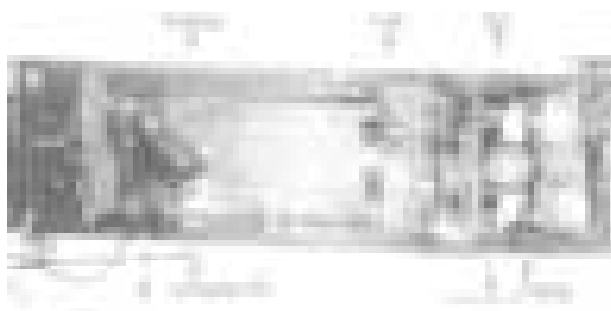
b. Komponen-komponen yang digunakan untuk membuat alat spektrometer:



Gambar 8. Komponen yang Digunakan untuk Membuat Alat Spektrometer



Gambar 9. Sampel Uji Sumber Cahaya



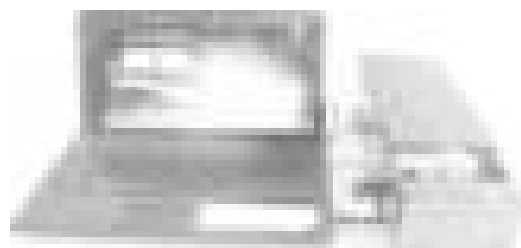
Gambar 10. Alat Spektrometer

Spektrometer yang telah dibuat belum dapat digunakan sebelum kemudian diintegrasikan dengan *software Spectro-animation*.

Produk Akhir Media *Spectro-animation*

Pada penelitian ini dihasilkan media *Spectro-animation* yang terdiri dari perangkat keras (*hardware*) berupa kotak kayu berukuran 40cm x 10cm x 10cm dan perangkat lunak (*software*) animasi dan spektrometer. Media yang dihasilkan didesain untuk membantu guru menjelaskan konsep struktur atom Bohr melalui tiga representasi yaitu: 1] Makroskopik, 2] Sub-mikroskopik/molekuler dan 3] Simbolik. Level makroskopik berupa komponen hardware media, siswa dapat melakukan observasi, identifikasi dan pengamatan langsung melalui media tersebut, yang kemudian dihubungkan ke

level sub-makroskopik/molekuler dan simbolik melalui *software animasi dan theremino spektrometer*.



Gambar 13. Produk Akhir Media *Spectro-animation*

Komponen *hardware* yang digunakan pada *Spectro-animation* adalah webcam C270 HD 1280x 720, *diffraction grating* (keping DVD), Lensa cembung (lup), slit (dua buah pisau cutter yang dipasang sejajar), dan sumber cahaya (lampu neon, filament, LED, halogen). *Software animasi dan theremino spektrometer* dapat berjalan optimal pada computer dengan spesifikasi minimal, processor 2.26GHz, RAM 1GB, HDD 350GB dan OS windows XP. Media *Spectro-animation* dapat digunakan sebagai media pembelajaran pada konsep struktur atom Bohr disertai panduan penggunaan alat pada lembar kerja siswa (LKS) dan rencana pelaksanaan pembelajaran (RPP).

Media *Spectro-animation* dapat membedakan spektrum berdasarkan panjang gelombang dari sumber cahaya yang berbeda. Berikut ini adalah spektrum yang dihasilkan dari beberapa sumber cahaya.



Gambar 14. Spektrum Garis dari Beberapa Sampel

Spektrum yang dihasilkan lampu filament 5 watt menghasilkan spektrum garis warna merah, hijau dan biru berada pada panjang gelombang 607nm, 710nm, 748nm, 791nm, berada pada daerah sinar tampak dan infra merah. Lampu halogen menghasilkan spektrum berhimpit garis merah, kuning, hijau dan biru pada panjang gelombang 364nm – 833nm berada pada daerah ultraviolet,

sinar tampak dan infra merah. Lampu LED menghasilkan spektrum pada panjang gelombang 708nm – 803nm berada pada kisaran sinar tampak dan infra merah. Lampu *fluorescence* atau neon menghasilkan spektrum garis merah, hijau dan biru dengan jarak yang berjauhan pada panjang gelombang 684nm – 788nm. Spektrum garis yang dihasilkan bersesuaian dengan spektrum referensi dengan tingkat keakuratan rendah, sehingga *Spectro-animation* yang dihasilkan masih harus dikalibrasi dengan alat spektrometer.

3. Hasil Uji Produk

Validasi media dilakukan oleh dua orang pakar dan guru kimia, yaitu pakar media dan isi (konten). Validasi isi mencakup, kesesuaian media dengan materi pembelajaran, dan kepraktisan dan keluwesan media. Berdasarkan data hasil validasi di atas, dari 8 (delapan) aspek penilaian 7 (tujuh) mendapat kategori sangat baik, kecuali untuk aspek penilaian ranah kognitif, afektif dan psikomotorik mendapat kategori baik. Adapun saran yang diberikan validator adalah belum munculnya representasi simbolik pada media. Berdasarkan data di atas diperoleh skor 98, sehingga kualitas isi media tersebut dikategorikan sangat baik.

Validasi media, mencakup aspek tampilan media, efisiensi waktu, dan mutu teknis. Rata-rata mendapat kategori baik, aspek kejelasan tulisan dan gambar, efisiensi waktu penyiapan media, informasi/pesan disampaikan dengan jelas dan berurutan, sketsa/gambar mengarah pada pemahaman konsep yang disajikan, mendapat kategori sangat baik. Diperoleh skor 91, sehingga kualitas media dikategorikan sangat baik.

Uji efektifitas, efisiensi dan kepraktisan media digunakan untuk mengukur layak atau tidak layak media ketika diimplementasikan dalam pembelajaran di kelas. Uji ini dilakukan oleh pakar media, konten/isi dan 7 (tujuh) orang guru kimia.

Hasil uji yang dilakukan oleh pakar media dan isi/konten memperoleh skor 98, sehingga dapat dinyatakan bahwa media *Spectro-animation* dikategorikan sangat layak. Dan hasil uji yang dilakukan oleh guru kimia memperoleh skor 93, dan dapat dikategorikan sangat layak, berdasarkan indikator keefektifan, efisiensi, dan kepraktisan media *Spectro-animation* yang dibuat.

4. Pemahaman Siswa Sebelum Menggunakan Media *Spectro-animation*

Pemberian *pre-test* dilakukan pada siswa kelas X MIPA 1 sebanyak 20 (dua puluh) siswa. Untuk mengukur tingkat pemahaman siswa tersebut, diukur menggunakan kategori tingkat pemahaman oleh Abraham dalam (Suwerman, 2018) yang dimodifikasi menjadi lebih sederhana.

Tabel 1.2 Tingkat pemahaman siswa sebelum menggunakan media *Spectro-animation*.

Indikator	Paham	Miskonsepsi	Tidak Paham
3.2.1 Menggambarkan model atom Dalton, Thomson, Rutherford, Bohr, dan mekanika gelombang.	40 %	20 %	40 %
3.2.2 Mendefinisikan model atom Bohr.	20 %	20 %	60 %
3.2.3 Menganalisis eksperimen Bohr tentang spektrum atom.	12 %	48 %	40 %
4.2.1 Menyebutkan eksperimen Dasar penemuan teori atom Bohr	20 %	43 %	38 %
4.2.2 Menjelaskan perpindahan electron antar lintasan dan tingkat energy dalam atom	23 %	28 %	50 %
4.2.3 Menjelaskan kelemahan Teori atom Bohr	15 %	10 %	75 %
4.2.4 Menjelaskan hubungan konfigurasi electron dengan nomor atom unsur	49 %	19 %	32 %
4.2.5 Menuliskan konfigurasi electron berdasarkan teori atom Bohr	67 %	5 %	28 %



Gambar 5. Grafik Tingkat Pemahaman Siswa sebelum Menggunakan Media *Spectro-animation*.

Dari grafik tersebut dapat diketahui bahwa tingkat pemahaman terendah yaitu 12 % terletak pada soal no 3, 5, dan 7 dengan indikator pencapaian kompetensi yaitu menganalisis eksperimen Bohr tentang spektrum atom dan tingkat ketidakpahaman tertinggi yaitu 75 % terletak pada soal nomor 6 dengan indikator pencapaian kompetensi menjelaskan kelemahan teori atom Bohr. Hal tersebut diakibatkan karena siswa hanya memperoleh informasi dari guru melalui penyampaian verbal dan konsep yang disajikan merupakan konsep abstrak. Konsep struktur atom Bohr merupakan konsep abstrak, sehingga mengakibatkan siswa kesulitan memahami konsep tersebut. Siswa memiliki kecenderungan mengalami miskonsepsi. hal tersebut juga diakibatkan proses belajar yang masih berpusat pada guru, guru lebih menekankan pada aspek simbolik, dan secara umum guru tidak memiliki pengalaman untuk menampilkan representasi mikroskopik (Farida et al. 2018). Tingkat pemahaman siswa tertinggi yaitu 67 % terletak pada soal nomor 14, 15, 16, dengan indikator pencapaian kompetensi yaitu menuliskan konfigurasi electron berdasarkan teori atom Bohr (berdasarkan kulit atom). Konsep tersebut mudah dipahami karena muatan intrinsiknya tidak kompleks. (Schweppe and Rummer, 2014). Berbeda dengan muatan intrinsik, muatan kognitif ekstrinsik dapat dimanipulasi. Teknik penyajian materi dengan penggabungan media (multimedia) berupa animasi, dan audio-visual akan membantu siswa mengingat informasi dengan baik (Scheiter et al. 2014).

Tingkat miskonsepsi tertinggi yaitu 48 % terletak pada soal nomor 3, 5, dan 7 dengan indikator pencapaian kompetensi yaitu menganalisis eksperimen Bohr tentang spektrum atom, secara umum siswa beranggapan bahwa bergerak-nya electron pada lintasannya yang menyebabkan terjadinya spektrum garis atom. Konsep yang seharusnya adalah, spektrum garis dihasilkan akibat dari perpindahan. Konsep tersebut merupakan konsep abstrak dan mempunyai kompleksitas muatan intrinsik yang tinggi sehingga diperlukan visualisasi sebagai pemodelan dari konsep tersebut (Scheiter et al. 2014).

5. Pemahaman Siswa Setelah Menggunakan Media *Spectro-animation*

Berikut ini adalah persentase tingkat pemahaman siswa setelah menggunakan media *spectro-animation*.

Tabel 1.3. Tingkat pemahaman siswa setelah menggunakan media *Spectro-animation*.

Indikator	Paham	Miskonsepsi	Tidak Paham
3.2.1 Menggambarkan model atom Dalton, Thomson, Rutherford, Bohr, dan mekanika gelombang.	45 %	50 %	5 %
3.2.2 Mendefinisikan model atom Bohr.	50 %	45 %	5 %
3.2.3 Menganalisis eksperimen Bohr tentang spektrum atom.	62 %	15 %	23 %
4.2.1 Menyebutkan eksperimen Dasar penemuan teori atom Bohr	63 %	18 %	20 %
4.2.2 Menjelaskan perpindahan electron antar lintasan dan tingkat energy dalam atom	55 %	8 %	38 %
4.2.3. Menjelaskan kelemahan Teori atom Bohr	70 %	25 %	5 %
4.2.4. Menjelaskan hubungan konfigurasi electron dengan nomor atom unsur	62 %	3 %	35 %
4.2.5. Menuliskan konfigurasi electron berdasarkan teori atom Bohr	73 %	3 %	22 %

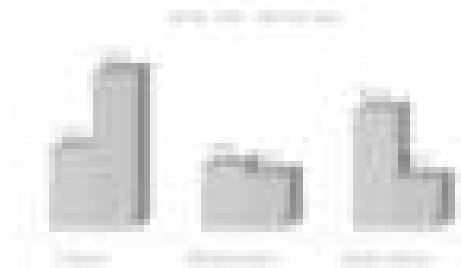


Gambar 11. Grafik Tingkat Pemahaman Siswa setelah Menggunakan Media *Spectro-animation*

Dari data tersebut dapat diketahui rata-rata tertinggi pemahaman siswa yaitu 73 % terdapat pada indikator 4.2.5, rata-rata terendah yaitu 45 % terletak pada indikator 3.2.1. Miskonsepsi tertinggi yaitu 50 % terletak pada indikator 3.2.1, rata-rata terendah yaitu 3 % terletak pada indikator 4.2.4 dan 4.2.5. Ketidakhahaman siswa tertinggi yaitu

38 % terletak pada indikator 4.2.2, dan terendah yaitu 5 % terletak pada indikator 3.2.1, 3.2.2, dan 4.2.3.

Diperoleh rata-rata pemahaman siswa setelah menggunakan media sebesar 60 % dari sebelumnya rata-rata 31 %, terdapat kenaikan pengetahuan siswa sebesar 29 %. Terdapat penurunan miskonsepsi siswa sebesar 3 % dari sebelumnya 24 % menjadi 21 %.



Gambar 12. Grafik Tingkat Pemahaman Siswa Sebelum dan Sesudah Menggunakan Media

Pemahaman siswa tertinggi setelah menggunakan media sebesar 73 % terletak pada indikator 4.2.5 yaitu menuliskan konfigurasi electron berdasarkan teori atom Bohr. Dibandingkan dengan rata-rata pemahaman siswa pada indikator yang sama sebelum menggunakan media sebesar 67 % terdapat peningkatan pemahaman siswa sebesar 6 %. Peningkatan pemahaman tertinggi sebesar 55 % terletak pada indikator 4.2.3 yaitu menjelaskan kelemahan teori atom Bohr. Rata-rata pemahaman siswa meningkat dari skor rata-rata pretes 64 menjadi 81 pada skor post-test. Hal tersebut juga dibuktikan dengan uji-t (paired sample t-test) diperoleh nilai $t_{0,000} < 0,05$, sehingga dapat diinterpretasi terdapat pengaruh yang signifikan penggunaan media *Spectro-animation* dalam pembelajaran konsep struktur atom Bohr terhadap peningkatan pemahaman siswa.

Pemahaman merupakan salah satu bagian dari ranah kognitif siswa. Menurut Bloom (Darmawan and Sujoko, 2013), pemahaman dan aplikasi berada pada level lebih tinggi daripada mengingat (*recognize information*). Penyampaian konsep struktur atom Bohr melalui media dapat melibatkan stimulus verbal dan visual. Proses penggabungan informasi verbal dan visual dapat mengefisienkan tingkat kompleksitas informasi, sehingga dapat diterima dan disimpan dalam memori kerja (Schweppe and Rummer 2014). Konsep struktur atom

merupakan konsep abstrak dengan tingkat kompleksitas materi yang tinggi (muatan intrinsik). Materi dengan beban intrinsik yang tinggi, jika disajikan dengan benar, memfasilitasi proses kognitif memori kerja. Proses kognitif berjalan lambat atau berhenti ketika disajikan secara acak. Dengan demikian teknik penyajian materi dalam pembelajaran merupakan hal penting yang harus diperhatikan. Teknik penyajian dengan media dapat memanipulasi muatan ekstrinsik sehingga dapat menurunkan muatan ekstrinsik. Media *Spectro-animation* dapat memvisualisasikan konsep abstrak seolah menjadi konkret. Media tersebut mempunyai kemampuan menggabungkan ketiga level representasi, representasi makroskopik berupa pengamatan langsung dari sampel cahaya, dan representasi sub-mikroskopik (molekuler) dan simbolik ditampilkan dalam bentuk citra visual dan animasi.

Miskonsepsi tertinggi 50 % terletak pada indikator 3.2.1 yaitu Menggambarkan model atom Dalton, Thomson, Rutherford, Bohr, dan mekanika gelombang. Dan ketidakpahaman siswa tertinggi yaitu 38 % terletak pada indikator 4.2.2 yaitu menjelaskan perpindahan electron antar lintasan dan tingkat energy dalam atom. Sebagian siswa masih kesulitan menentukan model atom berdasarkan teori yang dikemukakan para ilmuwan, dan menjelaskan perpindahan electron antar lintasan pada tingkat energy tertentu. Miskonsepsi terjadi karena siswa menganggap electron mengelilingi inti disertai pelepasan energy. Konsep struktur atom merupakan konsep abstrak. Konsep abstrak dan tidak dapat diamati secara langsung mengakibatkan siswa kesulitan memahami konsep tersebut (Farida et al. 2018). Suatu media hendaknya didesain untuk membantu siswa memperoleh informasi secara utuh. Data ini kemudian menjadi acuan peneliti untuk merevisi media yang sudah dibuat.

Respon siswa setelah pembelajaran struktur atom Bohr menggunakan media *Spectro-animation* menunjukkan rata-rata 38 % siswa menyatakan sangat setuju, 52 % setuju dan 10 % tidak setuju. Berdasarkan skor angket siswa diperoleh skor rata-rata 82, sehingga media *Spectro-animation* dikategorikan baik. Aspek afektif (sikap) mendapat skor rata-rata 84 pada kategori A, dengan

indikator sikap; kerjasama, tanggung jawab, toleran, dan disiplin. Sedangkan aspek psikomotor (keterampilan) mendapat skor rata-rata 85 pada kategori A dengan indikator menggunakan alat, mengamati, mengajukan pertanyaan dan mengkomunikasikan.

Penggunaan multimedia dalam pembelajaran terbukti efektif dan dapat meningkatkan pemahaman, minat belajar siswa, dan prestasi belajar kimia. Seperti yang telah dilaporkan oleh Astuti (2020), penggunaan spektrometer edukasi dalam pembelajaran dapat meningkatkan prestasi siswa pada konsep kimia analisis. Agustina (2017) penggunaan animasi konsep ikatan kimia dapat meningkatkan motivasi dan pemahaman Susanti (2018), pembelajaran berbasis STEM dapat meningkatkan kemampuan kognitif, afektif dan psikomotor siswa.

Media pembelajaran diperlukan pada penyampaian materi struktur atom Bohr yang bersifat abstrak, sehingga menjadi konkrit melalui visualisasi.

Teknik penyusunan dan penggabungan media (multimedia) dalam pembuatan *spectro-animation* terbukti efektif meningkatkan pemahaman siswa.

Hasil penelitian berupa alat *spectro-animation* dapat menjadi alternatif media pembelajaran bagi guru dan siswa pada materi struktur atom Bohr.

PENUTUP

A. Simpulan

Dihasilkan media pembelajaran *Spectro-animation* yang terdiri atas komponen hardware

dan software. Komponen software mampu menampilkan visualisasi dan animasi pada level molekuler. Penggunaan media pembelajaran *spectro-animation* dapat mengurangi miskonsepsi dan meningkatkan pemahaman siswa pada konsep struktur atom Bohr. Hasil uji kelayakan media menunjukkan kategori sangat layak, sehingga media *Spectro-animation* efektif dan dapat diimplementasikan dalam pembelajaran struktur atom Bohr.

B. Rekomendasi

1. Pembelajaran konsep struktur atom Bohr hendaknya dilakukan dengan menggunakan media yang memiliki kemampuan untuk merepresentasikan konsep pada level makroskopik, sub-mikroskopik/molekuler dan simbolik.
2. Media *Spectro-animation* ini dapat digunakan sebagai alternatif media pembelajaran dan sebagai alat bantu guru ketika menjelaskan konsep struktur atom Bohr di kelas.
3. Media *Spectro-animation* akan lebih baik dan layak untuk digunakan dalam pembelajaran apabila diuji cobakan secara luas pada sekolah yang berbeda.
4. Media *Spectro-animation* yang dihasilkan masih bersifat kualitatif yaitu pada aspek visualisasi spektrum dan panjang gelombang, diperlukan pengembangan lebih lanjut sehingga dihasilkan produk kuantitatif yang mempunyai tingkat akurasi tinggi, kompatibel dan mudah digunakan.
5. Bagi forum MGMP Kimia khususnya MGMP Kimia Kabupaten Paser, media *Spectro-animation* ini, sebagai bahan masukan untuk mengembangkan inovasi media pembelajaran pada konsep yang berbeda. [a]

DAFTAR PUSTAKA

- Arsyad, Azhar. 2014. *Media Pembelajaran*. Jakarta: PT. Rajagrafindo Persada.
- Anonim. Theremino Spektrometer Construction. Tersedia Di [Http://www.theremino.com](http://www.theremino.com) [Diakses Tanggal 17 Mei 2019]
- Agustina, Andri. 2017. "Pembelajaran Konsep Ikatan Kimia Dengan Animasi Terintegrasi Lcd Projector Layar Sentuh (Low Cost Multi Touch White Board)". *JTK (Jurnal Tadris Kimiya)* 1 (1): 8–13. <https://doi.org/10.15575/jta.v1i1.1163>.
- Astuti, Fifit. 2020. "EFEKTIVITAS SPEKTROFOTOMETER EDUKASI SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN ANALISIS INSTRUMEN DI SEKOLAH MENENGAH KEJURUAN (SMK) ANALISIS KESEHATAN DAN ANALIS KIMIA". *JURNAL SAINTIKA UNPAM : Jurnal Sains Dan Matematika Unpam* 3 (1): 1–8.
- Bruce, Mitchell R.M., Tiffany A. Wilson, Alice E. Bruce, S. Max Bessey, and Virginia J. Flood. 2016. "A Simple, Student-Built Spectrometer to Explore Infrared Radiation and Greenhouse Gases". *Journal of Chemical*

- Education* 93 (11): 1908–15. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.6b00047>.
- Darmawan, I Putu Ayub, and Edy Sujoko. 2013. "Revisi Taksonomi Pembelajaran Benjamin S. Bloom". *Satya Widya* 29 (1): 30. <https://doi.org/10.24246/j.sw.2013.v29.i1.p30-39>.
- Dewi, Lusiana, Makrifatul Hasanah, and Nugroho Prasetya Adi. 2021. "Spektrum Cahaya Sebagai Alternatif Media Pembelajaran Praktikum Fisika". *SPEKTRA: Jurnal Kajian Pendidikan Sains* 7 (2): 141–46. <https://doi.org/10.32699/SPEKTRA.V7I2.216>.
- Emmanuel, Neethu, Raji B. Nair, Bini Abraham, and Karuvath Yoosaf. 2021. "Fabricating a Low-Cost Raman Spectrometer to Introduce Students to Spectroscopy Basics and Applied Instrument Design". *Journal of Chemical Education* 98 (6): 2109–16. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c01028>.
- Farida, I., I. Helys, I. Fitriani, and M. A. Ramdhani. 2018. "Learning Material of Chemistry in High School Using Multiple Representations". *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 288 (1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/288/1/012078>.
- Rahmani, Nurulia Shinta, Lailatin Nuriyah, Gancang Saroja, and Hasil Pembahasan. n.d. "Studi Pembuatan Spektrometer DVD Untuk Menentukan Relasi Konsentrasi Larutan Gula Dengan Intensitas Spektrum".
- Rudolph, Michelle. 2017. "Cognitive Theory of Multimedia Learning". *Journal of Online Higher Education* 1 (2).
- Sari, Mona Berlian, Yogie Sanjaya, and Mitra Djamal. 2017. "Pengembangan Spektrometer Cahaya Tampak Menggunakan LED RGB Untuk Menentukan Konsentrasi Glukosa". *Risalah Fisika* 1 (1): 21–27. <https://doi.org/10.35895/rf.v1i1.40>.
- Scheiter, Katharina, Anne Schüler, Peter Gerjets, Thomas Huk, and Friedrich W. Hesse. 2014. "Extending Multimedia Research: How Do Prerequisite Knowledge and Reading Comprehension Affect Learning from Text and Pictures". *Computers in Human Behavior* 31 (1): 73–84. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2013.09.022>.
- Schweppe, Judith, and Ralf Rummer. 2014. "Attention, Working Memory, and Long-Term Memory in Multimedia Learning: An Integrated Perspective Based on Process Models of Working Memory". *Educational Psychology Review* 26 (2): 285–306. <https://doi.org/10.1007/s10648-013-9242-2>.
- Susanti, Laily Yunita. 2018. "Penerapan Media Pembelajaran Kimia Berbasis Science, Technology, Engineering, and Mathematics (Stem) Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa Sma/ Smk Pada Materi Reaksi Redoks". *Jurnal Pendidikan Sains (Jps)* 6 (2): 32. <https://doi.org/10.26714/jps.6.2.2018.32-40>.
- Suwarman, Ramdhan F. 2018. "Analisis Tingkat Kemampuan Pemahaman Konsep Mahasiswa Pada Mata Kuliah Pemrograman Komputer". *Prisma* 7 (2): 227. <https://doi.org/10.35194/jp.v7i2.529>.
- Vernando, Enrico, and Henri Uranus. 2015. "PENGEMBANGAN SPEKTROMETER SEDERHANA DENGAN GRATING REFLEKSI DARI KEPING DVD-R KOSONG DAN SENSOR DARI CCD WEBCAM". *Seminar Nasional: Sains, Rekayasa & Teknologi UPH*, no. II: 121–28.
- Wahab, Abdul, Junaedi, and Muh. Azhar. 2021. "Efektivitas Pembelajaran Statistika Pendidikan Menggunakan Uji Peningkatan N-Gain Di PGMI". *Jurnal Basicedu* 5 (2): 1039–45. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v5i2.845>.
- Wijayanti, Eka Yuli Kurnia. 2018. *Penentuan Konstanta Sellmeier Pada Berbagai Variasi Konsentrasi Garam NaCl Dengan Menggunakan Spektrometer Prisma. Skripsi*.
- Woo, Yura, and Young Gu Ju. 2019. "Fabrication of a High-Resolution Smartphone Spectrometer for Education Using a 3D Printer". *Physics Education* 54 (1). <https://doi.org/10.1088/1361-6552/aaea0e>.
- Yingprayoon, Kann, and Sansiri Tanachutiwat. 2020. "Simple Spectrometer for Education Using Microcontroller". *17th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology, ECTI-CON 2020*, 592–94. <https://doi.org/10.1109/ECTI-CON49241.2020.9158310>.
- Yohan, Yohan. 2018. "PEMBUATAN SPEKTROFOTOMETRI VISIBEL 470 Nm MENGGUNAKAN ARDUINO UNO R3 Manufacturing Spektrofotometri Visibel 470 Nm Using Arduino Uno R3". *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia* 2 (1). <https://doi.org/10.32493/jitk.v2i1.1085>.