

# Simulator Sifat Gas: Pembelajaran Aras Submikroskopik Kimia Menggunakan Telefon Pintar

*(Behaviour of Gas Simulator: Using Smartphones to Learn Submicroscopic Level Chemistry)*

Dani Asmadi Ibrahim<sup>1\*</sup>, Amal Harun<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Kolej Matrikulasi Negeri Sembilan, Kuala Pilah, Malaysia

<sup>2</sup> Fakulti Pendidikan, Universiti Kebangsaan Malaysia, Bangi, Malaysia

\*Pengarang Koresponden: dani\_asmadi@kmns.matrik.edu.my

Accepted: 1 June 2020 | Published: 15 June 2020

**Abstrak:** Kajian tindakan ini bertujuan untuk meningkatkan pencapaian pelajar dalam tajuk sifat gas melalui penggunaan aplikasi Simulator Sifat Gas, suatu aplikasi pembelajaran mudah-alih. Tinjauan awal ke atas dokumen pengajaran dan pembelajaran semasa menunjukkan penekanan pada aras simbolik kimia tetapi kurang penekanan diberikan pada aras submikroskopik kimia. Ini menjadikan kimia sukar difahami, menggalakkan miskonsepsi dan pembelajaran hafalan. Bagi mengatasi masalah ini tindakan dirancang adalah penggunaan Simulator Sifat Gas sebagai alat pembelajaran. Kajian tindakan ini melibatkan 62 orang pelajar dan dijalankan dalam dua gelung. Gelung pertama adalah sesi pembelajaran sendiri menggunakan aplikasi tersebut. Didapati 58 orang pelajar mencapai gred A dalam ujian pos. Baki pelajar yang tidak mendapat A menjalani sesi pembelajaran tambahan, kali ini dengan bimbingan guru. Ini membentuk gelung kedua kajian tindakan dan pelajar-pelajar ini juga mendapat gred A selepas sesi ini. Soal-selidik skala likert sepuluh soalan dan satu soalan terbuka diguna untuk mendapatkan maklum balas pelajar tentang aplikasi tersebut. Umumnya pelajar sangat setuju dengan penggunaan aplikasi tersebut di mana skor penerimaan pelajar adalah purata 3.6 daripada maksimum 4. Daripada 62 maklum balas terbuka diterima 58 adalah positif. Kesimpulannya Simulator Sifat Gas dapat membantu pelajar memahami dan menjelaskan sifat gas dengan baik dan betul dan dapat membantu guru mencapai objektif pembelajaran dengan penerangan aras submikroskopik lebih terperinci. Justeru penggunaannya secara meluas wajar dipertimbangkan.

**Kata kunci:** Matrikulasi, pendidikan kimia, sifat gas, aplikasi pembelajaran dan PAK21

**Abstract:** This action research aims to enhance students' learning of a chemistry topic, Gas Properties through the use of the Behavior of Gas Simulator, a mobile learning application. Preliminary review of the current course documents showed overemphasis on the symbolic level of chemistry learning while neglecting chemistry learning at the submicroscopic level. This makes the chemistry difficult to understand, generate misconceptions and encourages rote learning. To overcome this problem, the use of the Behavior of Gas Simulator as a learning tool is proposed. The study involved 62 students of the Matriculation Science Program reports on how learning of Gas Properties is enhanced by engaging the submicroscopic elements of the topic and making the learning experience more interactive. After an hour of tutorial using the application, students achieved an average test score of 89.9% (SD 8.1%). Based on Likert scale questionnaire 95% of the students are of the view that the Behavior of Gas Simulator has a positive impact on their learning of the topic. Similarly, the responses to an open-ended question finds out of 62 students, 58 gave positive

*feedbacks, 3 gave neutral or no feedback at all and only one negative feedback. Based on the findings, it can be concluded that the use of the application has successfully incorporated interactivity and submicroscopic learning to the instruction of the topic and thus improve students' learning of Gas Properties.*

**Keywords:** Matriculation, chemistry education, properties of gases, educational applications and 21st Century Learning

---

## 1. Pengenalan

Kajian tindakan ini dijalankan untuk memperbaiki amalan pengajaran dan pembelajaran kimia di sebuah kolej matrikulasi Kementerian Pendidikan Malaysia. Dalam kajian ini, suatu aplikasi mudah alih iaitu Simulator Sifat Gas (SSG) akan digunakan di dalam pengajaran tajuk Sifat Gas. Penggunaan aplikasi ini bertujuan untuk mengatasi masalah pengajaran dan pembelajaran yang timbul akibat penekanan pembelajaran kimia pada aras simbolik jirim. Kajian tinjauan dimulakan dengan suatu tinjauan untuk mencirikan pengajaran dan pembelajaran kimia semasa berasaskan analisis dokumen bahan-bahan kursus dan diikuti perancangan tindakan bagaimana aplikasi berkenaan akan digunakan untuk mengatasi masalah dihadapi. Laporan turut menghuraikan bagaimana aplikasi ini membantu mencapai hasil pembelajaran dengan penggunaan masa yang lebih cekap berbanding amalan pembelajaran biasa. Laporan ini dimulakan dengan latar belakang pengajaran dan pembelajaran Sifat Gas dan diikuti penerangan berkaitan aplikasi Simulator Sifat Gas yang menjadi menjadi asas intervensi dilaksanakan. Seterusnya pelaksanaan kajian tindakan akan dilaporkan bermula daripada bahagian pernyataan masalah.

### **Pembelajaran Sifat Gas dan Penggunaan Simulator**

Kurikulum kimia matrikulasi semester 1 terdiri daripada tujuh bab. Bab kelima adalah Keadaan Jirim di mana Sifat Gas adalah salah satu tajuk di bawahnya. Tajuk ini adalah tajuk penting yang perlu dipelajari oleh setiap pelajar program matrikulasi sains. Ia mendedahkan kepada pelajar asas penting bukan sahaja untuk memahami tajuk kimia am lain seperti Kadar Tindak balas dan Keseimbangan Kimia, ia juga penting untuk bidang lain seperti kimia organik dan kimia fizikal. Secara lebih terperinci, asas kefahaman Sifat Gas adalah penting kerana fenomena-fenomena kimia yang dicerap pancaindera (aras makroskopik) hanya dapat dihuraikan oleh pelajar sekiranya dia mempunyai kefahaman jelas tentang sifat jirim dan teori kinetik molekul (aras submikroskopik).

Menurut Correia (2018), kajian-kajian mengenai penaakulan pelajar berkaitan sifat dan hukum gas secara tekal menunjukkan pelajar tidak mampu menghubungkan konsep dan proses dalam memahami sifat gas pada tiga aras makroskopik, submikroskopik dan simbolik. Ini mungkin berlaku kerana pembelajaran kimia pada peringkat lepasan menengah menekankan pembelajaran aras simbolik semasa tutorial dan kuliah manakala pembelajaran makroskopik pula diberi penekanan semasa kelas amali (Johnstone, 2006). Pembelajaran aras submikroskopik yang sangat penting bagi memahami sifat gas kerap kali diabaikan. Ditambah pula pengajaran dan pengujian kimia bertumpu pada aras simbolik (Dani Asmadi, 2014), pelajar lebih cenderung mempelajari algoritma penyelesaian soalan peperiksaan berbanding mendalami sesuatu konsep (Tsarpalis, 2008). Mempelajari kimia pada aras submikroskopik dianggap tidak penting kerana kurang diuji dalam peperiksaan. Satu lagi sebab mengapa pembelajaran konsep aras submikroskopik diabaikan adalah kerana ia sukar dilakukan. Secara tradisi sekiranya guru kimia ingin menunjukkan aras submikroskopik sesuatu fenomena, guru terpaksa bergantung kepada paparan imej statik dan kadangkala jika

ada kesempatan dan peralatan, video digunakan untuk menggambarkan pergerakan molekul gas. Namun begitu, kedua-dua kaedah ini kurang berkesan kerana imej statik tidak dapat menunjukkan pergerakan zarah manakala menunjukkan video adalah bersifat satu hala dan pelajar tidak belajar secara aktif.

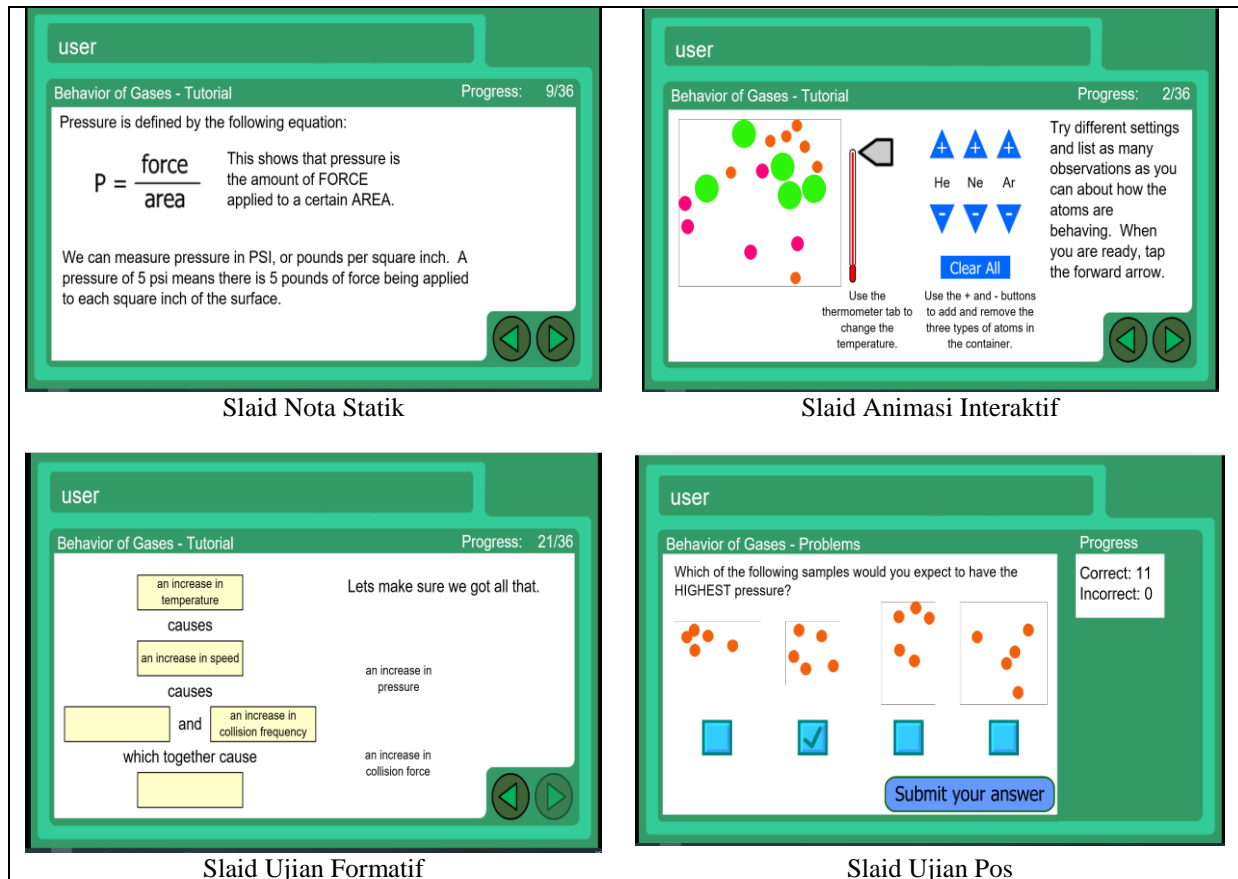
Suatu cara untuk membantu pelajar memperolehi kemahiran menggambarkan pergerakan dan interaksi zarah pada aras submikroskopik adalah melalui penggunaan simulator. Simulator mempunyai kelebihan berbanding imej statik dalam media cetak dan skrin kerana visual simulator beranimasi atau bergerak. Berbanding video animasi model pula, simulator mempunyai kelebihan kerana ia interaktif. Ini bermaksud jika menggunakan video pelajar hanya menonton pergerakan molekul gas, tetapi jika menggunakan simulator pelajar boleh melihat kesan perubahan yang mereka lakukan pada model visual. Dalam erti kata lain, sifat interaktif ini dapat menerapkan unsur inkuiri dan eksperimentasi dalam pembelajaran dengan simulator.

Simulator-simulator yang boleh digunakan untuk pembelajaran kimia telah wujud sejak dekad lepas lagi. Akan tetapi, ia lazimnya menggunakan perisian Shockwave, Java dan Flash yang hanya boleh digunakan pada komputer berasaskan Windows, Macintosh dan komputer berangkaian. Untuk menggunakan simulator, pelajar dan guru perlu mempunyai akses kepada bilangan komputer peribadi yang mencukupi, dan ini mengekang penggunaan meluas aplikasi simulator dalam pengajaran dan pembelajaran kimia. Ini berubah sekitar 2015, apabila penggunaan piawaian HTML5 dalam pembinaan aplikasi mula berkembang luas. Aplikasi HTML5 boleh digunakan bukan sahaja pada komputer peribadi, ia juga boleh digunakan pada telefon pintar dan peranti elektronik yang lain. Banyak aplikasi pendidikan dan simulator baharu kini dibina dalam format HTML5 dan aplikasi-aplikasi lama ditulis semula dalam HTML5. Dan dalam persekitaran BYOD (Bring Your Own Device) di mana setiap pelajar memiliki telefon pintar seperti di kolej matrikulasi, perkembangan ini berpotensi membawa alat pembelajaran interaktif yang berkuasa ini ke tangan pelajar-pelajar.

### **Simulator Sifat Gas**

Simulator Sifat Gas (SSG) adalah suatu aplikasi pendidikan mudah alih berbentuk simulator yang boleh didapati percuma di internet. Ia diperolehi daripada laman web [www.simbucket.com](http://www.simbucket.com) (Simbucket, 2019). Simbucket turut menyediakan lebih daripada 50 simulasi pendidikan lain yang boleh digunakan dalam pembelajaran tajuk-tajuk Fizik, Kimia dan Biologi. Simulasi-simulasi ini dibina oleh sekumpulan guru dan laman web ini bergantung kepada sumbangan awam untuk beroperasi.

Simulator Sifat Gas terdiri daripada dua bahagian, iaitu tutorial interaktif dan kuiz interaktif. Bahagian tutorial ini terdiri daripada turutan 36 slaid berkaitan tajuk Sifat Gas. Slaid ini terdiri daripada: Slaid nota statik – 11, Slaid animasi interaktif – 18, Slaid soalan – 7. Bahagian kuiz terdiri daripada 15-18 soalan. Soalan disemak sebaik sahaja dijawab. Contoh paparan Simulator Sifat Gas ditunjukkan dalam Rajah 1.



**Rajah 1. Empat jenis paparan Simulator Sifat Gas**

Simulator Sifat Gas ini mempunyai ciri-ciri berikut yang menjadikannya sangat berguna untuk pengajaran dan pembelajaran Sifat Gas:

1. Simulator menghasilkan model visual beranimasi Teori Molekul Kinetik bagi membolehkan pelajar memahami konsep Sifat Gas pada aras submikroskopik.
2. Simulator ini bukan sahaja beranimasi, ia juga interaktif. Pelajar boleh membuat perubahan kepada parameter seperti suhu, bilangan molekul dan isipadu dan pelajar serta-merta boleh melihat kesannya pada parameter lain seperti suhu dan halaju molekul.
3. Pembelajaran Sifat Gas dengan simulator ini diselangi soalan interaktif bagi membolehkan pengguna memantau kemajuan pembelajaran mereka.
4. Ujian Pos atau kuiz di akhir tutorial SSG ini, juga interaktif di mana turutan soalan dan pilihan jawapan diubah setiap kali ia digunakan.

## 2. Pernyataan Masalah

Kajian terhadap pembelajaran Struktur Atom (Dani Asmadi, 2010) dan Keseimbangan Ion (Dani Asmadi, 2014) dalam kurikulum matrikulasi menunjukkan pengajaran dan pembelajaran kimia yang dilaksanakan menekankan aras simbolik jirim. Persoalan timbul adakah tajuk lain menunjukkan ciri serupa. Berdasarkan kerangka pembelajaran kimia yang di cadangkan Johnstone (2006), ketiga-tiga aras makroskopik, simbolik dan submikroskopik perlu diberi perhatian seimbang dalam pengajaran dan pembelajaran. Kegagalan berbuat demikian akan menjadikan konsep kimia sukar difahami dan seterusnya membawa kepada miskonsepsi dan kecenderungan pelajar belajar secara hafalan. Sebagai contoh, Tsaparlis &

Papaphotis, (2008) melaporkan pelajar didapati mempelajari kimia dan menjawab soalan kimia berdasarkan algoritma tanpa memahami konsep di sebaliknya. Untuk mengatasi masalah ini (Wickham et al, 2016) mencadangkan penggunaan simulator dan model interaktif untuk memperkasakan pembelajaran aras submikroskopik yang mampu memperkukuhkan kefahaman konsep. Justeru kajian ini dijalankan untuk meninjau pembelajaran Sifat Gas berdasarkan kerangka makroskopik submikroskopik dan simbolik jirim dan menentukan sejauh mana penggunaan aplikasi Simulator Sifat yang memfokuskan unsur-unsur pembelajaran interaktif dan pembelajaran submikroskopik dapat memperbaiki pembelajaran Sifat Gas. Penambahbaikan disasarkan adalah dari segi tahap pencapaian dan penerimaan pelajar terhadap pembelajaran menggunakan aplikasi berkenaan.

### **3. Fokus Kajian**

Berdasarkan pernyataan masalah yang telah dibincangkan kajian tindakan ini akan memfokuskan kepada sejauh mana penggunaan Simulator Sifat Gas dapat membantu pelajar dan guru dalam proses pengajaran dan pembelajaran Sifat Gas dan mengisi kekurangan pembelajaran submikroskopik dan interaktif yang dihadapi. Kajian tindakan ini penting bagi pelajar kerana Sifat Jirim (dan Gas) adalah salah satu tajuk yang sangat penting dalam Peperiksaan Semester Program Matrikulasi (PSPM) mewakili 22% markah bagi Kertas 1 dan 22% markah bagi Kertas 2. Kegagalan pelajar untuk menjawab tajuk ini dengan baik boleh menyebabkan mereka tidak mendapat keputusan yang cemerlang dalam peperiksaan, seterusnya merendahkan peluang mereka untuk masuk ke universiti dan mengambil kursus yang mereka minati kelak.

### **4. Objektif Kajian**

Kajian ini bertujuan untuk menyiasat penggunaan aplikasi yang dipanggil Simulator Sifat Gas untuk meningkatkan pembelajaran kimia dengan menggabungkan unsur interaktif dan pembelajaran aras sub-mikroskopik kimia. Objektif khusus kajian ini adalah:

- i. Melaksanakan pembelajaran tajuk Sifat Gas menggunakan Simulator Sifat Gas
- ii. Menentukan tahap pencapaian pelajar selepas menggunakan SSG.
- iii. Mengenalpasti pandangan pelajar mengenai kebolegunaan SSG sebagai alat pembelajaran Sifat Gas.

### **5. Metodologi**

#### **Model Kajian**

Kajian ini menggunakan Model Kajian Tindakan yang dibangunkan oleh Kemmis dan McTaggart (1988). Model ini menyarankan empat langkah kajian tindakan berdasarkan gelungan (cycle) seperti berikut: Mereflek (Reflect); Merancang (Plan); Bertindak (Act) dan Memerhati (Observe). Berdasarkan model ini, kajian tindakan boleh dimulakan daripada mana-mana empat langkah. Setelah keempat-empat langkah dilaksanakan, maka lengkaplah satu gelung kajian tindakan. Bergantung kepada sama ada matlamat kajian tercapai sepenuhnya atau tidak pengkaji akan membuat keputusan samada menamatkan kajian atau memulakan gelung baru kedua, ketiga dan seterusnya sehingga matlamat tercapai.

#### **Kumpulan Sasaran**

Kumpulan sasaran terdiri daripada 62 orang pelajar tiga kumpulan praktikum iaitu S1BP4, S1BP5 dan S3AP5. Saya mengambil keputusan untuk mengadakan kajian ke atas semua

pelajar di bawah tanggungjawab saya agar semua pelajar ini dalam kelas ini mendapat faedah dan manfaat daripada penggunaan Simulator Sifat Gas.

### **Tinjauan Awal**

Tinjauan awal bagi kajian ini adalah analisis dokumen ke atas bahan kursus yang digunakan dalam pengajaran dan pembelajaran Sifat Gas. Analisis dokumen ini bertujuan mencirikan pengajaran dan pembelajaran yang berlaku berdasarkan bahan pengajaran yang digunakan. Dua jenis analisis dokumen dijalankan:

i. Analisis dokumen Spesifikasi Kurikulum bagi tajuk Sifat Gas

Analisis berdasarkan tema-tema makroskopik, submikroskopik dan simbolik. Hasil pembelajaran yang disenaraikan dalam spesifikasi kurikulum dikelaskan berdasarkan tiga aras pembelajaran kimia. Hasil pembelajaran yang melibatkan huraian fenomena yang diperhatikan lima deria dikelaskan sebagai makroskopik. Seterusnya hasil pembelajaran yang melibatkan penjelasan fenomena berdasarkan teori zarah jirim dikelaskan sebagai submikroskopik. Akhir sekali hasil pembelajaran yang melibatkan penggunaan persamaan, formula dan simbol-simbol dikelaskan sebagai simbolik.

ii. Analisis dokumen Nota Kursus Sifat Gas

Analisis berdasarkan tema-tema makroskopik, submikroskopik dan simbolik. Tajuk slaid dan tajuk kecil slaid dalam nota-nota kuliah dikelaskan berdasarkan aras pembelajaran sebagaimana dilakukan ke atas spesifikasi kurikulum. Di samping itu, soalan contoh dan latihan dalam nota kursus tersebut juga dikelaskan mengikut aras pembelajaran. Soalan-soalan dikelaskan kepada; soalan yang memerlukan kefahaman dan huraian kepada aras makroskopik, soalan yang melibatkan penjelasan aras submikroskopik dan soalan-soalan aras simbolik yang melibatkan penggunaan persamaan dan formula.

### **Instrumen Kajian**

Suatu ujian diperlukan untuk bagi menentukan tahap pencapaian pelajar setelah aktiviti pembelajaran dijalankan. Bagi kajian ini, skor kuiz yang sedia ada dalam Simulator Sifat Gas digunakan untuk menentukan tahap pencapaian pelajar. Kuiz ini dijana oleh aplikasi dengan susunan dan bilangan soalan berubah bagi setiap pengguna. Setelah pelajar melaksanakan semua tugas dan kuiz dalam Simulator Sifat Gas, pelajar akan menghantar “screenshot” yang menunjukkan nama pengguna dan skor diperolehi kepada guru mereka melalui aplikasi WhatsApp.

Bagi menentukan pandangan pelajar terhadap sesi pengajaran pembelajaran menggunakan aplikasi dikaji, Soal Selidik Penggunaan SSG digunakan. Soal selidik ini terdiri daripada 10 soalan berskala Likert 1 hingga 4 (sangat tidak setuju, tidak setuju, setuju dan sangat setuju) tentang pengalaman pelajar menggunakan aplikasi dan satu soalan terbuka untuk memperolehi pandangan tambahan pelajar. Soalan ini diedarkan kepada pelajar melalui pautan soal-selidik Google Form yang dikongsi dalam WhatsApp kumpulan praktikum pelajar.

### **Intervensi yang dicadangkan.**

Berdasarkan refleksi pengajaran lepas dan perbincangan sesama pengkaji, diputuskan bahawa penggunaan Simulator Sifat Gas berpotensi dijadikan alat intervensi sesuai untuk mengatasi masalah yang dihadapi. Tindakan dicadangkan adalah tutoran di mana pelajar menjalani pembelajaran sendiri berkaitan Sifat Gas menggunakan SSG. Langkah perjalanan kelas adalah seperti berikut:

- i. Guru memperkenalkan sifat gas dan memberi taklimat ringkas perjalanan kelas. Setelah berkongsi pautan ke laman sesawang SSG dengan pelajar, guru akan memberi panduan penggunaan aplikasi.
- ii. Pelajar akan mula mengakses SSG dengan telefon pintar masing-masing dan memulakan tutorial sifat gas secara atas talian. Pelajar akan belajar secara sendiri dan guru hanya melibatkan diri jika pelajar memerlukan bantuan dan panduan.
- iii. Setelah pelajar melalui tutorial yang disediakan, pelajar akan mengambil ujian pos yang disediakan dan melengkapkan soal selidik pos.
- iv. Pelajar yang mendapat tidak gred A dalam ujian pos, akan menjalani sesi perbincangan ringkas dengan guru untuk mengenalpasti masalah sebenar yang mereka hadapi.
- v. Pelajar akan mengulang sesi pembelajaran ini sekali lagi (pada hari lain) dengan bimbingan rapat guru sehingga mereka juga mencapai gred A.

## 6. Dapatan dan Perbincangan

### Dapatan Tinjauan Awal

Senarai hasil pembelajaran untuk tajuk Sifat Gas dipetik dari spesifikasi kurikulum dikelaskan berdasarkan tema makroskopik, submikroskopik dan simbolik. Keputusan ditunjukkan dalam Jadual 1. Empat daripada lima hasil pembelajaran yang tersenarai dalam spesifikasi kurikulum adalah merujuk kepada aras simbolik. Hanya satu merujuk kepada aras submikroskopik. Ini menunjukkan penekanan spesifikasi kurikulum terhadap aras simbolik berbanding makroskopik dan submikroskopik.

**Jadual 1: Pengelasan hasil pembelajaran berdasarkan tiga aras pembelajaran kimia.**

Hasil Pembelajaran	Pengelasan
a) Explain qualitatively the basic assumptions of the kinetic molecular theory of gases for an ideal gas.	Submikroskopik
b) Define gas laws:	
i. Boyle's law	Simbolik
ii. Charles's law	Simbolik
iii. Avogadro's law	Simbolik
c) Sketch and interpret the graphs of Boyle's and Charles's laws.	Simbolik

Analisis dokumen serupa turut dijalankan ke atas nota kursus bagi tajuk Sifat Gas. Berdasarkan bilangan slaid nota yang diperuntukkan untuk setiap aras pembelajaran (Jadual 2), didapati penekanan di antara aras-aras pembelajaran kimia adalah tidak seimbang. Pembelajaran aras simbolik diperuntukkan 28 slaid, jauh lebih tinggi daripada kedua-dua aras submikroskopik dan aras makroskopik yang masing-masing diperuntukkan dua dan tujuh slaid. Terdapat juga slaid dalam nota yang menggabungkan pembelajaran lebih daripada satu aras tetapi bilangannya masih kecil berbanding bilangan slaid keseluruhannya.

**Jadual 2: Pengelasan slaid nota berdasarkan tiga aras pembelajaran kimia.**

Aras pembelajaran utama slaid	Bilangan slaid
Simbolik	28
Submikroskopik	7
Makroskopik	2
Simbolik dan submikroskopik	7
Simbolik dan makroskopik	2
Submikroskopik, simbolik dan makroskopik	2

Berdasarkan bilangan soalan-soalan latihan dalam nota kursus juga jelas menunjukkan penekanan terhadap pembelajaran aras simbolik (Jadual 3). Kebanyakan soalan-soalan adalah jenis pengiraan yang boleh diselesaikan oleh pelajar dengan memahami algoritma penyelesaian, seperti bagaimana menggunakan Persamaan Gas Ideal. Ini menunjukkan soalan-soalan dalam nota kursus menekankan hasil pembelajaran aras simbolik. Implikasinya adalah sekiranya tajuk ini jika dipersembahkan sedemikian, maka pelajar akan membuat kesimpulan bahagian paling atau lebih penting dalam mempelajari Sifat Gas adalah kebolehan menyelesaikan soalan pengiraan melibatkan persamaan Gas Ideal dan rumus-rumus berkaitan.

**Jadual 3: Pengelasan soalan latihan dalam nota berdasarkan tiga aras pembelajaran kimia.**

<i>Aras pembelajaran utama soalan</i>	<i>Bilangan soalan</i>
Simbolik	8
Simbolik dan submikroskopik	1

Analisis kedua-dua dokumen iaitu spesifikasi kurikulum dan nota kuliah menunjukkan kedua-dua menekankan pembelajaran aras simbolik dan tidak cukup perhatian diberikan kepada pembelajaran aras submikroskopik. Pembelajaran aras submikroskopik adalah penting bagi membolehkan pelajar memahami konsep kimia khususnya dalam tajuk gas di mana penjelasan sifat gas adalah bersandarkan Teori Kinetik Molekul dan Hukum Gas Ideal. Oleh yang demikian, terdapat keperluan pengajaran dan pembelajaran tajuk ini ditambahbaik dengan menambah unsur-unsur pembelajaran aras submikroskopik dalam pembelajaran tajuk Sifat Gas. Salah satu cara ia boleh dilakukan adalah dengan menggunakan aplikasi seperti Simulator Sifat Gas oleh. Simulator ini mampu menunjukkan model interaktif dan beranimasi bagi menghuraikan pergerakan dan interaksi molekul-molekul gas. Dengannya, pengalaman pelajar dalam mempelajari sifat gas tidak lagi terhad kepada gambarajah molekul statik dan formula matematik tetapi turut diperkasakan animasi dinamik dan ciri interaktif dalam simulator.

### Dapatan Ujian Pos

Selepas pembelajaran dengan SSG dilaksanakan, pelajar-pelajar menjawab Ujian Pos untuk menentukan tahap pencapaian Sifat Gas. Purata skor Ujian Pos adalah 89% dengan sisihan piawai 9%. Skor purata ini boleh dianggap sangat baik lantaran setara dengan gred A (berdasarkan sistem gred di kolej matrikulasi). Daripada 62 pelajar yang menjawab Ujian Pos, 58 orang pelajar mendapat gred A (skor 80% dan ke atas). Pelajar-pelajar ini boleh dianggap telah mencapai tahap pencapaian disasarkan bagi Sifat Gas. Baki empat orang pelajar lain biarpun lulus dianggap masih belum menguasai tajuk ini. Berdasarkan temubual pengkaji dengan pelajar yang mendapat skor rendah ini, didapati sebab utama mereka tidak mendapat A adalah kerana mereka kurang faham cara menggunakan simulator tersebut. Oleh yang demikian, semasa kelas pengukuhan seterusnya (Gelung 2) guru memberi taklimat khusus menerangkan antaramuka aplikasi dan tatacara penggunaan aplikasi sebelum pelajar menggunakan aplikasi untuk kali kedua. Hasilnya pada akhir gelung kedua, empat pelajar ini juga mendapat gred A.

Pelajar-pelajar juga dapat menjalani aktiviti pembelajaran menggunakan Simulator Sifat Gas ini dalam purata masa 42.8 minit (sisihan piawai 14.2 minit). Ini menunjukkan aktiviti Simulator Sifat Gas ini tidak mengambil masa yang tidak terlalu lama untuk dilengkapkan dan juga sesuai digunakan semasa kelas tutoran biasa yang lazimnya berlangsung selama satu jam. Tahap penerimaan pelajar terhadap penggunaan Simulator Sifat Gas juga sangat tinggi.



Berdasarkan respons sepuluh soalan dalam Soal Selidik Penggunaan Simulator Sifat Gas purata skor diperolehi adalah 3.62 daripada maksimum 4.

**Jadual 4: Rumusan Dapatan Kajian Tindakan**

N=62	Purata	Sisihan Piawai
Skor Ujian Pos (%)	<b>89</b>	<b>9</b>
Masa untuk melengkapkan tutorial dan kuiz (minit)	<b>42.8</b>	<b>14.2</b>
Tahap penerimaan (maksimum 4)	<b>3.62</b>	<b>0.06</b>

### Dapatan Soal Selidik Skala Likert

Selepas sesi pengajaran dan pembelajaran dilaksanakan, borang soal selidik diedarkan kepada pelajar-pelajar untuk mendapatkan maklum balas mereka dan menentukan sama ada tindakan yang dijalankan mencapai objektif kajian. Kesemua 62 orang pelajar melengkapkan soal selidik. Secara keseluruhannya, berdasarkan maklum balas pelajar berkaitan soalan 2, 3, 9 dan 10 didapati penggunaan aplikasi SSG ini memberi kesan positif kepada pembelajaran Sifat Gas. Lebih 90% bersetuju bahawa aplikasi ini mudah digunakan dan sesuai digunakan untuk pembelajaran sendiri, di samping membolehkan mereka memahami tajuk dengan lebih cepat.

Berdasarkan maklum balas pelajar berkaitan soalan 1, 5, dan 8 didapati penggunaan aplikasi memberi kesan positif kepada sikap pelajar. Lebih 90% pelajar menyatakan mereka suka menggunakan aplikasi ini dan bersetuju aplikasi ini meningkatkan minat mereka terhadap tajuk ini dan pembelajaran kimia. Akhir sekali, berdasarkan maklum balas pelajar berkaitan soalan 4, 6 dan 7 didapati lebih 90% pelajar menyatakan ciri interaktif aplikasi, animasi pergerakan molekul menjadikan konsep lebih mudah dibayangkan dan difahami. Keputusan terperinci soal selidik maklum balas pelajar ditunjukkan dalam Jadual 5.

**Jadual 5: Rumusan soal selidik penggunaan simulator sifat gas**

Pernyataan	Sangat tidak setuju	Tidak setuju	Setuju	Sangat setuju	% setuju
1. Saya suka menggunakan aplikasi Simulator Sifat Gas bagi mempelajari tajuk ini.	0%	4%	30%	66%	96%
2. Simulator Sifat Gas memudahkan saya memahami konsep tajuk ini.	0%	2%	38%	61%	98%
3. Simulator Sifat Gas mudah digunakan.	0%	4%	34%	63%	96%
4. Dengan menggunakan Simulator Sifat Gas pergerakan molekul gas mudah saya bayangkan.	0%	2%	30%	68%	98%
5. Simulator Sifat Gas meningkatkan minat saya terhadap tajuk ini.	0%	9%	32%	59%	91%
6. Pembelajaran menggunakan animasi molekul-molekul bergerak membantu saya memahami tajuk dipelajari.	0%	2%	27%	71%	98%
7. Pembelajaran dengan Simulator Sifat Gas yang interaktif membantu saya memahami tajuk dipelajari.	0%	5%	32%	63%	95%
8. Simulator Sifat Gas menjadikan pembelajaran kimia menarik	0%	4%	25%	71%	96%

9. Simulator Sifat Gas sesuai digunakan pelajar untuk pembelajaran sendiri di luar bilik darjah.	0%	2%	30%	68%	98%
10. Simulator Sifat Gas membolehkan saya memahami tajuk ini dengan lebih cepat.	0%	2%	38%	61%	98%

*1=sangat tidak setuju, 2=tidak setuju, 3=setuju, 4=sangat setuju.*

Selepas sesi pengajaran dan pembelajaran dilaksanakan, borang soal selidik diedarkan kepada pelajar-pelajar untuk mendapatkan maklum balas mereka dan menentukan sama ada tindakan yang dijalankan mencapai objektif kajian. Kesemua 62 orang pelajar melengkapkan soal selidik. Secara keseluruhannya, berdasarkan maklum balas pelajar berkaitan soalan 2, 3, 9 dan 10 didapati penggunaan aplikasi SSG ini memberi kesan positif kepada pembelajaran Sifat Gas. Lebih 90% bersetuju bahawa aplikasi ini mudah digunakan dan sesuai digunakan untuk pembelajaran sendiri, di samping membolehkan mereka memahami tajuk dengan lebih cepat.

Berdasarkan maklum balas pelajar berkaitan soalan 1, 5, dan 8 didapati penggunaan aplikasi memberi kesan positif kepada sikap pelajar. Lebih 90% pelajar menyatakan mereka suka menggunakan aplikasi ini dan bersetuju aplikasi ini meningkatkan minat mereka terhadap tajuk ini dan pembelajaran kimia. Akhir sekali, berdasarkan maklum balas pelajar berkaitan soalan 4, 6 dan 7 didapati lebih 90% pelajar menyatakan ciri interaktif aplikasi, animasi pergerakan molekul menjadikan konsep lebih mudah dibayangkan dan difahami. Keputusan terperinci soal selidik maklum balas pelajar ditunjukkan dalam Jadual 5.

### Dapatan Soal Selidik Soalan Terbuka

Berdasarkan soal selidik soalan terbuka, secara umumnya pelajar-pelajar menyatakan bahawa penggunaan aplikasi Simulator Sifat Gas memberi kesan positif kepada pembelajaran tajuk Sifat Gas. Didapati 58 daripada 62 pelajar telah menyatakan sedemikian. Antara pandangan pelajar yang membawa maksud ini adalah seperti berikut:

“Sangat bagus, memudahkan pelajar untuk belajar, sangat mudah untuk difahami dan sangat seronok.”

“Pembelajaran di atas talian tentang topik sifat gas ini sangat membantu dan efektif kepada pelajar.”

“Bagus kerana membantu meningkatkan pemahaman dalam menguasai tajuk ini.”

“Looking forward to using it in the future because it is fun.”

“Saya lebih memahami konsep gas dengan menggunakan simulator ini.”

Terdapat juga pelajar yang menghuraikan kelebihan penggunaan Simulator Sifat Gas ini dikategorikan seperti berikut:

i. Membantu pelajar memahami konsep.

“Simulator ini amat menarik dan membolehkan saya untuk bayangkan movement of the gas particles in different factors (number of atoms, temperature, volume) dan conclusion dalam tutorial sangat direct dan lebih mudah untuk mengukuhkan konsep di dalam minda saya.”

“Saya dapat memahami konsep gas yang dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti suhu, isipadu, saiz atom, dan jumlah atom. Saya mendapati bahawa setiap faktor mempengaruhi kelajuan atom dan tekanan yang dikenakan. Animasi molekul-molekul bergerak membantu saya untuk lebih memahami dan membezakan faktor yang mempengaruhi tekanan gas”

ii. Meningkatkan minat pelajar.

“Saya lebih mudah memahami tajuk sifat gas dengan menggunakan simulasi gas ini. Simulasi ini menarik minat saya untuk memahami sifat gas. Saya lebih tertarik untuk memahami tajuk sifat gas.”

“Animasi simulator menambahkan keseronokan dalam pembelajaran Kimia.”

“It is an interesting way to learn chemistry.

iii. Mengurangkan kebergantungan kepada nota kuliah.

“Dengan adanya Simulator Sifat Gas ini saya dapat memahami tajuk mengenai gas tanpa perlu merujuk pada nota kuliah. Di samping itu, aplikasi memberi kemudahan kepada saya untuk mempelajari dengan lebih mendalam bagi bab Gas tanpa bergantung sepenuhnya pada nota.”

“Saya sangat suka menggunakan Simulator ini kerana memudahkan saya untuk memahami topik ini. Saya yang belum membaca nota kuliah dapat memahami konsep tajuk ini. Saya berharap ada lebih simulator seperti ini untuk memudahkan penguasaan konsep kimia. Animasi yg ditunjukkan memudahkan saya memahami perkara yg diajar.”

iv. Ciri-ciri istimewa aplikasi

“It is an interesting alternative way to learn chemistry compared to only learning theories in class which is the simulator allow students to experience and learn the movement of gas on their own based on virtual simulator which students can easily adjust the options :) and also this programme can help the weak students who can't understand the concept of gas by only reading the theories”

“Saya suka menggunakan medium sebegini oleh kerana saya dapat membayangkan dan memahami topik ini dengan lebih lanjut. Saya perlukan medium ini kerana dengan adanya visual, saya dapat menangkap dengan lebih cepat. Tambahan itu, saya juga telah screenshot slides yang diberikan kerana saya dapat rujuk semula semasa membuat ulangkaji”

“Aplikasi yang amat bagus kerana ia memudahkan pemahaman and pembelajaran, dan menarik minat saya. Ini juga amat bagus kerana, ia akan menyuruh pengguna mengulang soalan yang salah hingga mendapat jawapan yang betul.”

v. Dapat mempelajari memahami pelajaran dengan lebih cepat.

“Saya dapat cepat faham topik ni sebab interactive yang ada dalam simulator tu amat membantu, saya rasa cara ini student lebih akan cepat tangkap sesebuah topik itu.”

“Simulator ini telah banyak bantu saya dalam memahami konsep pressure dalam masa yang singkat.”

Sebagai rumusan, respons pelajar dalam soalan terbuka turut menyokong dapatan soal selidik skala likert di mana pelajar secara eksplisit menyatakan aplikasi membantu mereka memahami

konsep gas, memperbaiki sikap dan minat dan membolehkan pembelajaran berlaku lebih cekap dan cepat.

## 7. Kesimpulan

Dari perspektif seorang guru, tahap pencapaian yang diperolehi selepas satu jam tutoran ini sangat memuaskan. Ini mengambil kira hakikat lebih 90% pelajar menguasai tajuk ini selepas satu jam tutoran. Berdasarkan pengalaman saya, pengkaji kedua dan perbincangan dengan guru lain berkaitan tajuk ini, rata-rata menyatakan pelajar lazimnya hanya benar-benar memahami tajuk ini selepas menjalani beberapa jam tutoran. Ini menunjukkan penggunaan Simulator Sifat Gas mampu mencapai dalam satu jam tutoran, apa yang dahulunya memerlukan sekurang-kurangnya dua jam, Dari segi kos pula Simulator Sifat Gas adalah percuma dan mempunyai kelebihan tambahan boleh digunakan untuk pembelajaran sendiri lantaran aplikasi boleh dicapai dengan telefon pintar pada bila-bila masa.

Namun begitu kelebihan utama penggunaan Simulator Sifat Gas adalah ia membolehkan pelajar mendapat gambaran bagaimana zarah gas bergerak dan berinteraksi antara satu sama lain berdasarkan teori kinetik molekul gas. Ini tidak dapat dilakukan sebelum ini kerana guru tidak mempunyai peralatan dan kesempatan untuk menunjukkan simulasi sebegini kepada pelajar. Perkembangan terkini teknologi baik dari segi peralatan (telefon pintar) dan dari segi perisian (aplikasi HTML) membolehkan kemampuan simulasi interaktif yang dahulunya terhad kepada komputer *desktop* kini berada di tangan pelajar. Sekalung penghargaan juga patut diberikan kepada pasukan di Simbucket.com yang membina Simulator Sifat Gas kerana berjaya menghasilkan bahan pembelajaran interaktif yang bermutu tinggi ini dan juga kerana kesudian mereka berkongsi bahan ini secara percuma.

Objektif kajian tindakan untuk menambahbaik pengajaran dan pembelajaran Sifat Gas dan menjadikannya lebih menarik dan mudah difahami telah dicapai menggunakan Simulator Sifat Gas. Begitu juga masalah pelajar untuk membayangkan pergerakan zarah dan kaitannya dengan sifat gas kini dapat diatasi. Kesimpulannya, Simulator Sifat Gas sangat berkesan dan penggunaannya wajar disebarluaskan.

### Cadangan Kajian Selanjutnya

Oleh kerana kajian ini telah berjaya mencapai matlamatnya, pada masa akan datang kajian tindakan serupa boleh dijalankan lagi. Penggunaan aplikasi pendidikan berbentuk simulator sebegini mempunyai potensi besar bukan sahaja untuk meningkatkan tahap pencapaian pelajar malah mampu meningkatkan minat dan motivasi pelajar terhadap pembelajaran kimia. Kajian lanjut boleh dijalankan untuk meneroka aplikasi-aplikasi lain yang boleh digunakan untuk pengajaran tajuk-tajuk lain dalam kurikulum kimia matrikulasi.

## Rujukan

- Kemmis, S. & McTaggart, R. (1988). *The action research planner*. Geelong, Victoria, Australia: Deakin University Press.
- Correia, A. P., Koehler, N., Thompson, A. & Phye, G. (2018): The application of PhET simulation to teach gas behaviour on the submicroscopic level: secondary school students' perceptions, *Research in Science & Technological Education*. DOI:10.1080/02635143.2018.1487834

- Dani Asmadi Ibrahim, Rokiah Jusoh & Kamisah Osman (2010). Pengajaran tajuk Model Atom Bohr peringkat matrikulasi dan tiga aras pembelajaran kimia. Prosiding Seminar Kebangsaan Pendidikan Negara Kali Ke 4. UKM, Bangi. pp. 563-577.
- Dani Asmadi Ibrahim (2014). Ionic equilibria: An analysis on order of thinking skills and achievement of chemistry course objectives. Prosiding Seminar Penyelidikan Pendidikan Peringkat Kebangsaan Program Matrikulasi, Melaka. pp. 63-76.
- Johnstone, A. H. (2006). Chemical education research in Glasgow in perspective. *Chemistry Education Research and Practice*, 7(2), 49-63.
- Simbucket.com (2019). Chemthink - Behavior of Gases (HTML5 Version) <https://www.simbucket.com/simulation/chemthink-gases>
- Tsaparlis, G. & Papaphotis, G. (2008). Conceptual versus algorithmic learning in high school chemistry: the case of basic quantum chemical concepts. Part 1. Statistical analysis of a quantitative study. *Chemistry Education Research and Practice*, 9, 323–331.
- Wickham, C. M., Garvin, C. & Tangney, B. (2016). Constructionism and microworld as part of a 21st century learning activity to impact student engagement and confidence in physics. *Constructionism in Action Conference Proceedings*. 33-41.