

**Pengembangan Simulator Struktur Senyawa Benzena Berbasis *Smartphone******Development of Smartphone-Based Benzene Compound Structure Simulator***

Oleh:

Axel William Fritz Setiawan^{1*}, Ijang Rohman², Muhammad Nurul Hana²¹SMAK BPK Penabur Kota Baru Parahyangan²Program Studi Pendidikan Kimia, Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Pendidikan Indonesia, Indonesia*Correspondence email: axelwilliamfritz@gmail.com**ABSTRAK**

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan aplikasi non-eksperimen maya (virtual non-experiment) yang disajikan untuk menyimulasikan materi senyawa benzena dan turunannya khususnya sub-materi struktur senyawa benzena. Aplikasi ini diberi nama simulator struktur senyawa benzena karena mampu menyediakan fasilitas seolah-olah peserta didik sedang merangkai struktur senyawa benzena dengan model yang merepresentasikan atom dan ikatan dalam sebuah struktur. Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah Developmental Research dengan menggunakan tahap pengembangan dari model ADDIE yang terdiri dari tahap analisis, desain, pengembangan, implementasi dan evaluasi. Pada proses pembuatan aplikasi ini, digunakan sebuah perangkat pemrograman berbasis HTML-5 dalam pengembangan yaitu Construct 2 dengan tambahan aplikasi berupa Canva dan Microsoft Powerpoint 2019. Pengembangan ini dilakukan seiring dengan bimbingan yang dilakukan bersama dengan penilai yang ahli dalam bidang media dan konten kimia. Simulator ini kemudian diujicobakan secara terbatas kepada pendidik dan peserta didik di sekolah sebagai evaluator. Berdasarkan hasil pengembangan aplikasi ini, didapat bahwa karakteristik yang dimiliki oleh simulator ini adalah kemampuannya untuk menyimulasikan secara prosedural aktivitas peserta didik yang seolah-olah sedang merangkai struktur senyawa benzena dengan model yang merepresentasikan atom dan ikatan dalam sebuah struktur. Simulator ini memberikan peluang kepada peserta didik untuk membuat struktur sebarang mungkin yang kemudian jejak pekerjaannya tercatat oleh sistem serta memudahkan peserta didik dalam menamakan struktur yang dirangkainya melalui bantuan penomoran pada struktur yang secara otomatis dimunculkan oleh sistem. Hal ini didukung melalui kelayakan simulator dari segi konten dan fasilitas-fasilitas media yang mendukung simulator ini. Sehingga pendidik dan peserta didik memberikan tanggapan yang baik dan sangat baik terhadap aplikasi ini.

Info artikel:

Diterima: 31 Mei 2024

Direvisi: 2 Juli 2024

Disetujui: 2 September 2024

Terpublikasi online: 17 September 2024

Tanggal Publikasi: 1 Oktober 2024

Kata Kunci:*Development research,*
Struktur senyawa benzena.**Key Words:***Development research,*
Structure of benzene compounds.

ABSTRACT

This research aims to develop a virtual non-experiment application designed to simulate the content of benzene compounds and their derivatives, particularly focusing on the sub-topic of benzene compound structures. The application is named 'Benzene Compound Structure Simulator' as it offers the capability to guide learners through assembling benzene compound structures using a model that represents atoms and bonds within a structure. The research follows the Developmental Research methodology, employing the development stages of the ADDIE model, which include analysis, design, development, implementation, and evaluation. The application development utilizes HTML-5 based programming tools, specifically Construct 2, along with supplementary applications such as Canva and Microsoft PowerPoint 2019. The development process is guided by expert assessors in the fields of media and chemical content, ensuring alignment with educational objectives. The simulator undergoes limited testing with educators and students in a school environment to gauge its effectiveness. The simulator exhibits the ability to procedurally simulate learners' activities, enabling them to virtually construct benzene compound structures using a model that visually represents atoms and bonds. Learners are given the opportunity to create structures organically, with their progress recorded by the system. The simulator also facilitates the naming of these structures through an automatic numbering system, enhancing the overall experience. The simulator's content validity and its supporting media features contribute to its feasibility. As a result, both educators and learners provide positive and highly positive feedback for this application.

1. PENDAHULUAN

Menurut Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan (Permendikbud) Nomor 37 Tahun 2018, Kompetensi Inti-3 (KI-3) berfokus pada pencapaian dalam aspek pengetahuan. Sebagai respons terhadap fokus ini, Kompetensi Dasar (KD) 3.10 untuk kelas XII ditetapkan dengan tujuan untuk mengembangkan kemampuan peserta didik dalam menganalisis struktur, tata nama, sifat, dan manfaat dari senyawa benzena dan turunannya. Tujuan ini diarahkan untuk memberikan dukungan kepada peserta didik kelas XII dalam mempelajari senyawa benzena dan turunannya dari sudut pandang pengetahuan (Permendikbud, 2018).

Menurut studi pendahuluan yang dilakukan melalui observasi dan wawancara terhadap beberapa pendidik di salah satu sekolah di kota Bandung menunjukkan bahwa struktur senyawa benzena merupakan salah satu topik yang sulit diajarkan pada beberapa peserta didik, peserta didik biasanya memiliki kendala dalam mengingat struktur benzena seperti apa pola dari strukturnya, seperti letak ikatan rangkap dua dan tunggal dari strukturnya. Hal yang menjadikan pendidik terkendala dalam mengajarkan yaitu materi ini diajarkan pada kelas 12 semester 2. Sehingga adanya kendala waktu yang dibutuhkan untuk peserta didik memahami materi ini, terutama hal ini dihadang dengan adanya try out yang berlangsung untuk mempersiapkan peserta didik menghadapi ujian sekolah. Selain itu yang menjadikan pendidik sulit mengajari materi ini kepada peserta didik adalah kurangnya motivasi peserta didik.

Hampir seluruh peserta didik membawa smartphone ke sekolah, terutama di dalam kelas. Penggunaan smartphone di kelas, terutama pada pembelajaran kimia umumnya sering digunakan untuk mengerjakan soal di google form, dan menelusuri beberapa sumber yang diperlukan untuk menjawab lembar kerja peserta didik yang disediakan oleh pendidik. Namun dalam mempelajari struktur senyawa benzena, peserta didik tidak menggunakan smartphone untuk membantu selama pembelajaran, akibatnya peserta didik harus terus

menerus terus-menerus menerima informasi atau penjelasan tanpa banyak berinteraksi dengan pendidik.

Terdapat beberapa aplikasi yang telah dikembangkan oleh kelompok bidang keahlian media pendidikan kimia di Universitas Pendidikan Indonesia untuk mendukung pembelajaran kimia (Repository UPI, 2023), Namun belum ditemukan aplikasi yang mendukung pembelajaran struktur senyawa benzena. Begitupun melalui sumber-sumber lainnya seperti google scholar, Phet Colorado (<https://phet.colorado.edu/>), Labster (<https://www.labster.com/>), Virtual Labs at Amrita Vishwa Vidyapeetham (<https://vlab.amrita.edu/>), dan Laboratorium Maya Kemendikbud (<https://vlab.belajar.kemdikbud.go.id/>), tidak ada aplikasi yang mendukung pembelajaran struktur senyawa benzena. Akibatnya pendidik merasa bahwa tidak ada aplikasi yang mendukung pembelajaran struktur benzena, hingga akhirnya kesulitan belajar yang ditunjukkan dalam penjelasan sebelumnya dapat terjadi.

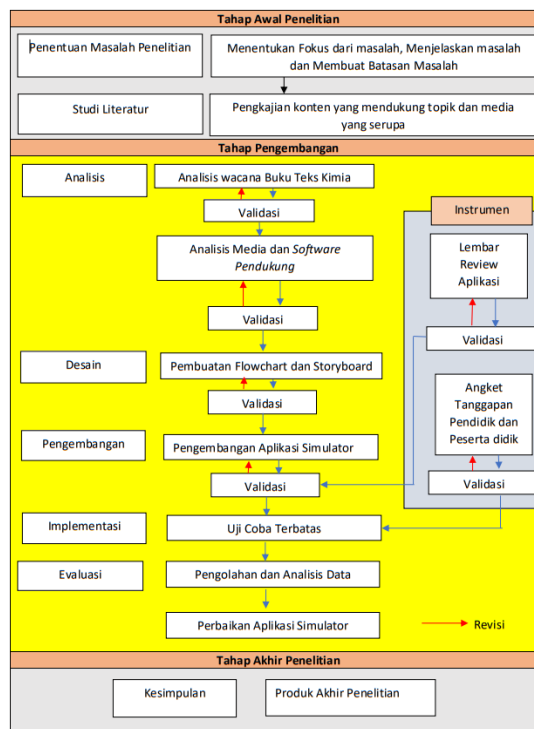
Meskipun sebenarnya ada aplikasi yang dapat mendukung struktur senyawa benzena, yaitu aplikasi "Kingdraw: Chemistry Station". Aplikasi ini dapat diunduh di Google Play Store (Precision Agriculture Technology Company, 2018). Aplikasi ini memfasilitas penggunaannya untuk membuat struktur sebarang mungkin, namun masih ada beberapa kelemahan yang mungkin akan timbul dari aplikasi ini ketika diterapkan dalam pembelajaran kimia di kelas, yaitu aplikasi ini dibatasi dengan adanya fitur yang berbayar sehingga masih ada keterbatasan bagi pengguna untuk mengeksplor aplikasi ini.

Berdasarkan penjelasan tersebut, penelitian pengembangan aplikasi dengan judul "Pengembangan Simulator Struktur Senyawa Benzena Berbasis Smartphone" dilakukan untuk membantu peserta didik SMA Kelas XII dalam memahami materi struktur senyawa benzena sesuai dengan arahan KD 3.10 yaitu menganalisis struktur senyawa benzena. Selain itu, Aplikasi ini dikembangkan untuk menutupi kelemahan-kelemahan dari aplikasi relevan yang telah dijelaskan sebelumnya, yaitu tidak membatasi penggunaan fitur di dalam aplikasinya.

2. METODOLOGI

Metode penelitian yang digunakan adalah metode penelitian pengembangan atau developmental research. Menurut Richey dan Klein (2014), Developmental Research merupakan studi sistematis tentang desain, pengembangan, dan proses evaluasi dengan tujuan membangun dasar empiris untuk pembuatan produk dan alat instruksional dan non-instruksional serta model baru atau yang disempurnakan yang mengatur pengembangannya.

Sesuai dengan definisi metode penelitian developmental research, alur penelitian pengembangan terdiri dari tiga tahap, yaitu tahap awal (perancangan), tahap pelaksanaan (pengembangan), dan tahap akhir (evaluasi) (Richey & Klein, 2005). Alur penelitian pengembangan simulator secara garis besar dapat diamati di gambar 1.



Gambar 1. Alur Penelitian Pengembangan

2.1. Tahap Awal

Pada tahap awal penelitian, kegiatan yang dilakukan adalah membatasi masalah dan menentukan fokus penelitian. Setelah itu, dikaji lebih lanjut dengan studi literatur baik dari jurnal, buku teks, skripsi maupun artikel. Selain itu, dilakukan pencarian penggunaan media pembelajaran yang sudah ada sehingga dapat menjadi dasar untuk membuat media pembelajaran berbasis smartphone yang lebih baik.

2.2. Tahap Pelaksanaan

Pelaksanaan penelitian untuk pengembangan simulator struktur senyawa benzena dilakukan dengan model pengembangan ADDIE (Analyze, Design, Development, Implementation, Evaluation). Berikut penjabaran dari setiap tahap pada model pengembangan ADDIE :

a. Tahap Analisis (*Analyze*)

Pada tahap analisis, dilakukan analisis kompetensi inti (KI) dan kompetensi dasar (KD) pada kurikulum SMA dan analisis wacana pada *textbook* bahan ajar kimia. Analisis kompetensi inti (KI) dan kompetensi dasar (KD) pada kurikulum SMA bertujuan untuk menghasilkan rumusan kompetensi dasar dan indikator pencapaian kompetensi pada sub materi struktur senyawa benzena.

Analisis wacana bertujuan untuk menentukan kejelasan dan kebenaran dari apa yang disampaikan dalam teks tersebut. Hal ini dilakukan agar konten yang ada dalam simulator sesuai dengan tuntutan kurikulum yang berlaku.

Analisis wacana dilakukan melalui empat tahap, yaitu pemroduksian teks asli, penghalusan teks asli, dan penurunan proposisi mikro-makro. Hasil dari analisis wacana ini adalah teks dasar yang

berfungsi sebagai panduan untuk membuat sinopsis dan analisis media pendukung.

b. Tahap Desain (*Design*)

Pada tahap desain, dilakukan pembuatan sinopsis, peta pemrograman, flowchart, dan storyboard berdasarkan struktur makro yang telah diturunkan pada tahap analisis. Hal ini dilakukan sebagai acuan dalam memvisualisasikan rancangan awal pengembangan simulasi yang akan dibuat.

c. Tahap Pengembangan (*Development*)

Pada tahap ini, dilakukan pembuatan simulator struktur senyawa benzena berbasis *smartphone*, mengikuti flowchart dan storyboard yang telah dibuat pada tahap sebelumnya.

Pengembangan simulasi dilakukan dengan memanfaatkan fitur-fitur yang disediakan oleh software Construct 2 untuk membuat simulator yang diinginkan. Selain itu, Canva dan Microsoft Powerpoint 2019 digunakan untuk mendesain grafis, tampilan dan tata letak visual yang menarik untuk simulator.

Setelah simulator selesai dibuat, langkah selanjutnya adalah mempublikasikannya dalam bentuk Android Package Kit (APK) agar dapat diinstal pada perangkat *smartphone* yang menggunakan sistem operasi Android.

Selanjutnya, dilakukan pengembangan instrumen penelitian yang akan digunakan untuk dinilai oleh penilai yang ahli dalam bidang kimia dan media pembelajaran, baik yang ahli dalam materi pembelajaran maupun dalam pengembangan media untuk mendapatkan penilaian kelayakan terhadap produk yang dihasilkan. penilaian ini bertujuan untuk mengevaluasi kelayakan simulator baik dari segi fasilitas media yang mendukung maupun dari segi materi.

d. Tahap Implementasi

Uji coba terbatas aplikasi simulator struktur senyawa benzena berbasis *smartphone* dilakukan di sekolah yang ditunjuk sebagai tempat penelitian. Simulator yang sudah dikembangkan diperlihatkan kepada pendidik dan peserta didik lalu ditanggapi melalui angket.

e. Tahap Evaluasi (*Evaluation*)

Pada tahap evaluasi, dilakukan pengumpulan data berupa hasil penilaian dan tanggapan dari dosen ahli, pendidik, dan peserta didik terhadap simulator struktur senyawa benzena berbasis *smartphone*. Data yang terkumpul kemudian diolah dan dianalisis dijadikan sebagai perbaikan aplikasi dan dapat dilakukan analisis kategori layak atau tidaknya aplikasi yang dikembangkan.

2.3. Tahap Akhir

Pada akhir penelitian ini, dihasilkan produk final berupa simulator struktur senyawa benzena berbasis *smartphone* yang telah melalui proses pengembangan dan evaluasi. Produk ini merupakan hasil akhir yang telah diperbaiki dan dioptimalkan berdasarkan analisis data evaluasi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Karakteristik Media yang Diperlukan untuk Simulator Senyawa Benzena Berbasis *Smartphone*

Dalam penentuan karakteristik yang dimiliki oleh simulator yang akan dikembangkan, dilakukan melalui 3 tahapan yaitu tahap analisis (analyze), tahap desain (design) dan tahap pengembangan (development). Ketiga tahap ini menghasilkan karakteristik yang hanya dimiliki oleh aplikasi ini.

a. Tahap Analisis

Tahap analisis terdiri dari analisis kompetensi inti dan kompetensi dasar, analisis wacana pada struktur senyawa benzena, dan analisis media pendukung.

• Analisis KI dan KD

Simulator ini dikembangkan dengan materi atau konten mengenai struktur senyawa benzena yang terdapat dalam bab senyawa benzena dan turunannya. Berdasarkan peraturan kementerian pendidikan dan kebudayaan No. 37 Tahun 2018 tentang kompetensi inti dan kompetensi dasar kurikulum 2013 untuk materi senyawa benzena dan turunannya terdapat pada lampiran nomor 9 bagian kelas XII. Berikut merupakan kompetensi inti dan kompetensi dasar yang terlampir pada Tabel 1.

Tabel 1. KI dan KD Materi Struktur Senyawa Benzena

Kompetensi Inti	Kompetensi Dasar
3. Memahami, menerapkan, menganalisis, dan mengevaluasi pengetahuan faktual, konseptual, prosedural, dan metakognitif berdasarkan rasa ingin tahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dengan wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian, serta menerapkan pengetahuan prosedural pada bidang kajian yang spesifik sesuai dengan bakat dan minatnya untuk memecahkan masalah.	3.10. Menganalisis struktur, tata nama, sifat, dan kegunaan benzena dan turunannya.

Namun pada simulator struktur senyawa berbasis *smartphone* hanya dibatasi hingga struktur senyawa benzena, sehingga IPK yang terancang pada tabel 2, tidak dengan IPK untuk tatanama, sifat, dan kegunaan dari senyawa benzena.

Tabel 2. KD dan IPK Struktur Senyawa Benzena

Kompetensi Dasar	Indikator Pencapaian Kompetensi
3.10. Menganalisis struktur,	3.10.1. Menuliskan rumus molekul

tata nama, sifat, dan kegunaan benzena dan turunannya.	senyawa benzena. 3.10.2. Menuliskan rumus struktur senyawa benzena dan turunannya. 3.10.3. Menjelaskan ciri khas dari struktur benzena.
--	---

- **Analisis Wacana dalam Buku Teks Kimia**

Pada tahap analisis wacana ini dihasilkan teks asli dan teks dasar. Pada tahap ini dijelaskan proses penyusunan teks asli, teks dasar serta output yang akan tersaji dalam simulator.

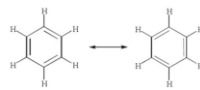
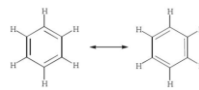
- **Penyusunan Teks Asli dari Teks Sumber**

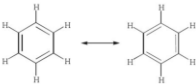
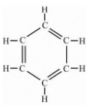

Teks asli dihasilkan dengan melakukan beberapa penggabungan dari berbagai teks sumber sehingga diperoleh teks yang cakupannya selengkap mungkin dan dapat mewakili pernyataan lainnya. Sehingga untuk memenuhi pernyataan tersebut, sumber buku teks yang digunakan dalam analisis wacana untuk struktur senyawa benzena adalah 2 handbook Organic Chemistry (Solomons, 2011; McMurry, 2011), 1 handbook General Chemistry (Chang, 2010), dan 1 Buku Cetak SMA Kimia Kelas XII (Purba, 2016). Pemilihan Buku Cetak SMA oleh Michael Purba, dipilih karena buku tersebut merupakan buku yang sering digunakan oleh peserta didik SMA di Kota Bandung, sehingga tidak terlalu jauh jangkauan materinya.

Seluruh buku yang dipilih mencantumkan mengenai struktur senyawa benzena. Namun, cara penyampaiannya berbeda-beda sehingga dilakukan seleksi agar memperoleh wacana teks yang memiliki cakupan seluas mungkin.

Contoh penggalan penyusunan teks asli dapat dilihat di tabel 3 sebagai berikut :

Tabel 3. Contoh Penggalan Penyusunan Teks Asli

Sumber Teks 1 (McMurry, 2011)	Sumber Teks 2 (Solomon, 2011)	Sumber Teks 3 (Chang, 2010)	Sumber Teks 4 (Michael Purba dan Eti Sarwiyati, 2016)	Teks Asli
<i>Benzene (C₆H₆) has eight fewer hydrogens than the corresponding six-carbon alkane (C₆H₁₄) and is clearly unsaturated, usually being represented as a six-membered ring with alternating double and single bond.</i>	In 1865, August Kekulé, the originator of the structural theory, proposed the first definite structure for benzene, a structure that is still used today (although as we shall soon see, we give it a meaning different from the meaning Kekulé gave it). Kekulé suggested that the carbon atoms of	Benzene (C ₆ H ₆) is a planar hexagonal molecule with carbon atoms situated at the six corners. All carbon-carbon bonds are equal in length and strength, as are all carbon-hydrogen bonds, and the CCC and HCC angles are all in 120°. Therefore, each carbon atom is sp ² -hybridized; it forms	Pada tahun 1865, Friedrich August Kekulé, mengajukan struktur lingkaran enam dengan tiga ikatan rangkap yang berkonjugasi dan selalu berpindah-pindah (beresonansi).  Oleh karena ikatan rangkap dalam	Pada tahun 1865, Friedrich August Kekulé, mengajukan struktur lingkaran enam dengan tiga ikatan rangkap yang berkonjugasi dan selalu berpindah-pindah (beresonansi).  Further evidence for the unusual nature of benzene is that all

Sumber Teks 1 (McMurry, 2011)	Sumber Teks 2 (Solomon, 2011)	Sumber Teks 3 (Chang, 2010)	Sumber Teks 4 (Michael Purba dan Eti Sarwiyati, 2016)	Teks Asli
<p><i>Further evidence for unusual nature of benzene that all is carbon-carbon bonds have the same length (139 pm) intermediate between typical single (154 pm) and double (134 pm) bonds. In addition, the electron density in all six carbon-carbon bonds is identical. Thus, benzene is a planar molecule with the shape of a regular hexagon. All C-C-C bond angles are 120°, all six carbon atoms are sp^2-hybridized, and each carbon has a p orbital perpendicular to the plane of the six-membered ring.</i></p>	<p>benzene are in a ring, that they are bonded to each other by alternating single and double bonds, and that one hydrogen atom is attached to each carbon atom. This structure satisfied the requirements of the structural theory that carbon atoms form four bonds and that all the hydrogen atoms of benzene are equivalent.</p>	<p>three sigma bonds with two adjacent carbon atoms and a hydrogen atom.</p> 	<p>selalu berpindah-pindah, maka semua ikatan karbon-karbonnya sama panjang, yaitu diantara panjang ikatan rangkap. Dari percobaan, panjang ikatan C-C dalam benzena adalah 140 pm.</p>	<p>its carbon-carbon bonds have the same length (139 pm) intermediate between typical single (154 pm) and double (134 pm) bonds. In addition, the electron density in all six carbon-carbon bonds is identical. Thus, benzene is a planar molecule with the shape of a regular hexagon. All C-C-C bond angles are 120°, all six carbon atoms are sp^2-hybridized, and each carbon has a p orbital perpendicular to the plane of the six-membered ring.</p>
	 			





Warna yang berbeda bertujuan untuk memberi tanda sumber kutipan yang dipilih dari buku teks yang dikutip, misalkan Buku 1, berwarna merah, buku 2, berwarna biru, dst.

- **Penghapusan Teks Asli Menjadi Teks Dasar**

Penghalusan teks asli dilakukan dengan cara menghapus/menghilangkan, mengganti, atau menyisipkan kata pada teks asli untuk meningkatkan ketepatan dan kejelasan teks serta membantu pembaca memaknai lebih dalam wacana dalam suatu paragraf. Penghalusan teks dari teks asli dilakukan dengan memberikan tanda yang mengidikasikan bagian yang harus dihapus, digantikan atau disisipkan. Sebagai contoh, pada penghalusan teks dari simulator ini digunakan simbol sekop warna biru artinya ada yang ditambahkan, garis bawah artinya ada yang diubahkan, sementara tulisan berwarna merah

artinya ada yang dihapuskan. Pada teks dasar, warna hijau pada tulis menandakan hasil setelah penghalusan teks tersebut dilakukan. Contoh penggalan penghalusan teks asli menjadi teks dasar dapat dilihat di tabel 4:

Tabel 4. Contoh Penggalan Penghalusan Teks Asli Menjadi Teks Dasar

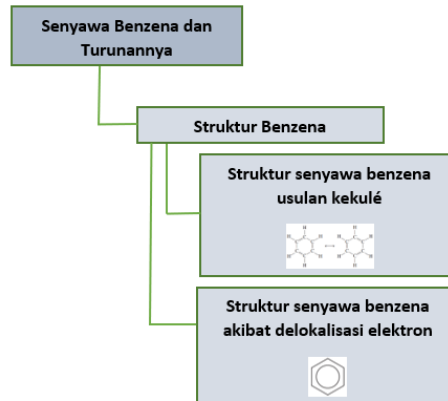
Teks Asli	Penghalusan Teks	Teks Dasar
<p>Masing-masing atom karbon memiliki satu elektron bebas pada orbital p. Posisi orbital-orbital p tersebut berada tegak lurus pada bidang segi enam. Dua orbital p yang berdekatan dapat bertumpang-tindih sisi dengan sisi membentuk ikatan π (phi). Sehingga membentuk sebuah awan elektron, dan letak ikatan π (phi) ini tidak diketahui pasti dimana letaknya dikarenakan terdelokalisasi seputar cincin.</p> <p><i>In benzene form delocalized molecular orbitals, which are not confined between two adjacent bonding atoms, but actually extend over three or more atoms. Therefore, electrons residing in any of these orbitals are free to move around the benzene ring. For this reason, the structure of benzene is sometimes represented as :</i></p>	<p>◇ Masing-masing atom karbon memiliki satu elektron bebas pada orbital p. <u>Posisi orbital-orbital p tersebut berada tegak lurus pada bidang segi enam.</u> Dua orbital p yang berdekatan dapat bertumpang-tindih sisi dengan sisi <u>membentuk ikatan π (phi).</u> Sehingga membentuk sebuah awan elektron, <u>dan</u> letak ikatan π (phi) ini tidak diketahui pasti dimana letaknya dikarenakan terdelokalisasi seputar cincin.</p> <p><i>In benzene form delocalized molecular orbitals, which are not confined between two adjacent bonding atoms, but actually extend over three or more atoms. Therefore, electrons residing in any of these orbitals are free to move around the benzene ring. <u>For this reason, the structure of benzene is sometimes represented as :</u></i></p>	<p>Dikarenakan masing-masing atom karbon memiliki satu elektron bebas pada orbital p yang tegak lurus terhadap bidang cincin beranggota enam, dua orbital p yang berdekatan dapat bertumpang-tindih sisi dengan sisi membentuk ikatan π (phi). Sehingga terbentuklah sebuah awan electron yang letak ikatan π (phi) ini tidak diketahui pasti dimana letaknya dikarenakan terdelokalisasi seputar cincin. Untuk alasan ini, struktur benzena terkadang direpresentasikan sebagai :</p> 
		

- **Penurunan Struktur Makro**

Hasil penulisan teks dasar dianalisis dan selanjutnya disajikan dalam bentuk struktur makro. Pada tahap ini, kita menentukan ide utama atau gagasan pokok dari sebuah paragraf. Hasilnya disebut sebagai proposisi mikro. Setelah proposisi mikro diidentifikasi, kemudian menentukan konsep intinya dengan cara menghapus proposisi yang tidak diperlukan dalam penafsiran teks, membuat generalisasi dari beberapa proposisi menjadi satu proposisi tertentu, dan membentuk proposisi baru secara

bertahap. Struktur makro disusun dari penurunan proposisi mikro dan makro teks.

Hasil keseluruhan dari pemetaan struktur makro dapat dilihat di Gambar 2 sebagai berikut :



Gambar 2. Struktur Makro

- **Analisis Media Pendukung Simulator**

Komponen media yang dipilih peneliti diantaranya yaitu teks, gambar, audio, animasi dan simulasi yang dinilai cocok untuk menjelaskan materi terkait agar tersampaikan dengan baik, mudah dipahami dan menarik bagi peserta didik. Dasar pemilihan tersebut disesuaikan dengan karakteristik konten yang akan disajikan dan IPK yang akan dicapai.

Penggunaan simulasi drag and drop ideal untuk menggambarkan aktivitas peserta didik seperti menyusun struktur senyawa benzena. Simulator ini mencakup komponen teks untuk memberikan petunjuk, gambar untuk menyusun struktur benzena, dan audio "tap" untuk interaksi dengan elemen seperti atom C, atom H, serta ikatan tunggal, rangkap dua, dan rangkap tiga. Animasi juga penting; saat melepaskan komponen, gambar akan tertarik ke koordinat yang sesuai dengan pola yang telah dirancang agar membentuk pola struktur senyawa benzena yang benar.

b. Tahap Desain

Tahap selanjutnya yaitu tahap desain yang terdiri dari pembuatan sinopsis, algoritma deskriptif, peta pemrograman, *flowchart*, dan *storyboard*.

- **Sinopsis Simulator**

Awal mula aplikasi akan dimulai dengan Splash Screen yang berfungsi sebagai transisi saat aplikasi dibuka ke menu utama, setelah itu user akan memasuki menu utama, namun jika user baru pertama kali menggunakan aplikasi ini, maka user akan diminta untuk mengisi identitasnya terlebih dahulu melalui pop-up. Jika user sudah pernah mengisi identitasnya, maka user akan langsung masuk ke menu utama.

Di menu utama, user akan dihadapkan dengan delapan macam navigasi yaitu kompetensi, simulasi, hasil simulasi, petunjuk navigasi, ubah profil user, referensi, profil pengembang dan keluar.

Ketika user mengakses kompetensi, hasil simulasi, petunjuk navigasi, ubah profil user, referensi, dan profil pengembang, pop-up akan muncul dengan informasi yang berada di dalam pop-up tersebut sesuai dengan keterangan tombol yang diberikan.

Ketika user mengakses simulasi, user akan dibawa ke layout simulasi, cara kerja simulasi di dalam simulator ini, dimulai dari menentukan rumus molekul dari benzena. Apabila user baru pertama kali membuka atau memulai simulasi ini, user akan dihadapi dengan pertanyaan pertama yaitu mengenai rumus molekul dari benzena, hal ini penting ditanyakan dikarenakan 2 hal, yang pertama untuk memenuhi IPK 3.10.1 dalam kompetensi, dan yang kedua untuk user mendapatkan clue mengenai struktur benzena yang akan dibuatnya, karena pada tahap selanjutnya dengan menggunakan sistem simulasi drag and drop, user diminta untuk membuat struktur benzena tanpa mengetahui struktur benzenanya sendiri seperti apa. Sehingga user diminta untuk mengeksplor sendiri dalam menemukan struktur dari benzena dengan clue yang diberikan hanyalah rumus molekul dari benzena.

Senyawa yang memiliki rumus molekul C_6H_6 tidak hanya benzena, tetapi ada struktur lainnya yang mungkin dapat dibentuk dengan syarat atom C pada struktur tersebut memiliki 4 ikatan kovalen, tidak kurang dan tidak lebih. Melalui berbagai kemungkinan struktur tersebut, user diharapkan dapat menemukan kesimpulan bahwa dari sekian banyak kemungkinan struktur C_6H_6 yang ditemukannya oleh user, benzena adalah struktur lingkaran enam yang berbentuk cincin, memiliki ikatan rangkap dua dan tunggal yang berkonjugasi, dan dapat ikatan rangkapnya dapat berputar seputar cincin (resonansi). Supaya kesimpulan ini dapat tercapai, maka diperlukan adanya filtering.

Filtering ini dapat dilakukan dengan cara user membuktikan dari struktur temuannya ini apakah memiliki kemampuan dalam melakukan resonansi atau tidak. Hal ini dapat dilakukan dengan menanyakan "ikatan rangkap yang terdapat di dalam struktur yang ditemukannya ini, ketika ikatan rangkapnya dipindahkan apakah masih memiliki nama yang sama atau tidak?", dan tentu dikarenakan ini simulasi user tidak hanya menjawab ya dan tidak, tetapi membuktikan sendiri dengan cara memindahkan ikatan rangkapnya. Jika resonansi ini dibuktikan berdasarkan perbedaan nama IUPAC yang dimiliki struktur tersebut, maka saat user mencari struktur C_6H_6 dan ditemukannya, diperlukanlah user untuk menamakan struktur temuannya itu terlebih dahulu sesuai sistematika yang terdapat dalam tata nama IUPAC, sehingga nanti dapat dibandingkan setelah ikatan rangkapnya dipindahkan.

Khusus pada kemungkinan struktur C_6H_6 yang memiliki rantai tertutup segi enam, ketika memindahkan ikatan rangkap, penomoran tidak berubah, yang artinya mau diubah posisinya berapa kalipun, struktur tersebut masih bisa dianggap sebagai struktur yang sama karena memiliki nama dengan penomorannya yang sama. Maka dari itu,

diperlukanlah filtering tambahan yaitu menanyakan “apakah ketika memindahkan ikatan rangkap pada struktur ini, atom Hidrogennya ikut dipindahkan?”. Hal ini ditanyakan karena pada resonansi ikatan yang boleh dipindahkan, sehingga dengan menerapkan kedua filtering ini dalam menentukan struktur senyawa benzena, diharapkan user dapat memberikan kesimpulan struktur benzena adalah struktur lingkaran enam yang berbentuk cincin, memiliki ikatan rangkap dua dan tunggal yang berkonjugasi, dan dapat ikatan rangkapnya dapat berputar seputar cincin (resonansi). Dari definisi ini selain mengetahui pola struktur benzena seperti apa, user pun dapat mengetahui ciri khas dari struktur tersebut.

Keunggulan dalam simulasi ini adalah setiap progress yang dilalui user selama menggunakan simulasi ini dapat tercatat dan hasilnya dapat dilihat di hasil simulasi. Hal-hal yang tercatat selama proses simulasi itu bergantung dari pencapaian Indikator Pencapaian Kompetensi struktur senyawa benzena yang telah dirancang, yaitu 3.10.1 Menuliskan rumus molekul senyawa benzena, 3.10.2 Menuliskan rumus struktur senyawa benzena dan turunannya, dan 3.10.3 Menjelaskan ciri khas dari struktur benzena.

Terakhir jika user sudah selesai menggunakan aplikasi, user bisa menekan tombol exit pada menu utama untuk keluar dari aplikasi.

- **Algoritma Deskriptif**

Algoritma adalah urutan logis pengambilan keputusan untuk pemecahan masalah dalam pemrograman. Algoritma bertipe deskriptif adalah algoritma yang ditulis dalam bahasa manusia sehari-hari (misalnya bahasa Indonesia atau bahasa Inggris) dan dalam bentuk kalimat. Setiap langkah algoritmanya diterangkan dalam satu atau beberapa kalimat (Budiman, 2015). Algoritma deskriptif untuk penyusunan aplikasi dibuat tahap demi tahap pada setiap penekanan tombol yang disusun dalam aplikasi.

- **Peta Pemrograman**

Peta pemrograman dibuat untuk menggambarkan banyaknya Halaman yang ada di dalam aplikasi layaknya seperti pembuatan peta konsep. Peta pemrograman berisi petunjuk, konten dan dasar rujukan yang digunakan oleh penulis. Peta pemrograman dapat dilihat pada gambar 3.

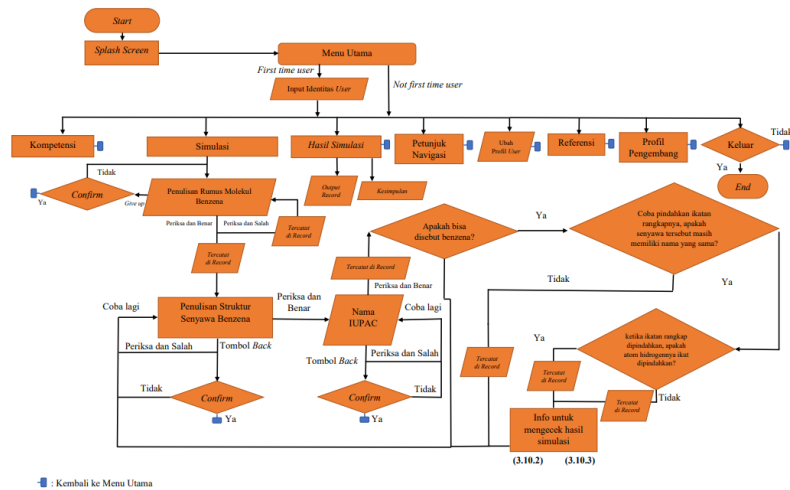


Gambar 3. Peta Pemrograman

- **Flowchart**

Flowchart merupakan bagan (Chart) yang mengarahkan alir (flow) di dalam prosedur atau program sistem secara logika. Dalam pembuatan flowchart biasanya menggunakan simbol dan garis penghubung. Simbol digunakan untuk menggambarkan urutan dan proses, sedangkan garis penghubung digunakan untuk menggambarkan hubungan antar proses

peta pemrograman. Hubungan antar proses yang ditunjukkan pada flowchart didasari oleh algoritma deskriptif yang telah dibuat. Hasil dari flowchart dapat diamat di gambar 4.



Gambar 4. Flowchart Simulator

• **Storyboard**

Storyboard adalah pengembangan lebih lanjut dari flowchart, dengan penjelasan yang detail dari setiap alur yang tergambar pada flowchart. Storyboard berisikan informasi-informasi diantaranya nama proyek, judul halaman, dan jumlah halaman pada aplikasi, tanggal pembuatan, informasi navigasi yang menjelaskan fungsi tombol yang ada dalam halaman tersebut, informasi media yang ada pada halaman, dan catatan yang berisi informasi tambahan ketika pengguna berada pada halaman tersebut. Contoh dari storyboard yang dikembangkan dalam simulator ini dapat dilihat pada gambar tabel berikut :

Nama Proyek: Simulator Struktur Senyawa Benzene Berbasis Smartphone	Judul: Menu Utama	Halaman: Menu Utama	Tanggal: 05 Juni 2023
			Informasi Navigasi
			Tombol "Kompetensi" dapat berfungsi untuk menampilkan <i>pop-up</i> "Kompetensi Dasar dan Indikator Pencapaian Kompetensi"
			Tombol "Hasil Simulasi" dapat berfungsi untuk menampilkan <i>pop-up</i> "Hasil Simulasi"
			Tombol "Simulasi" dapat berfungsi untuk membuka <i>layout</i> "Simulasi"
			Tombol "Petunjuk Navigasi" dapat berfungsi untuk membuka <i>pop-up</i> "Simulasi"
			Tombol "Ubah Profil User" dapat berfungsi untuk membuka <i>pop-up</i> "User"
			Tombol "Referensi" dapat berfungsi untuk menampilkan <i>pop-up</i> "Referensi"
			Tombol "Profil Pengembang" dapat berfungsi untuk menampilkan <i>pop-up</i> "Profil Tim Pengembang"
			Tombol "Exit" dapat berfungsi untuk menampilkan <i>pop-in</i> "konfirmasi keluar dari aplikasi"
			Informasi Media
			jenis font yang digunakan adalah <i>Bahnschrift</i>
Catatan:			

Gambar 5. Contoh Storyboard

c. **Tahap Pengembangan**

Berdasarkan hasil dari tahap desain halaman yang dikembangkan terdiri dari splash screen, menu utama, kompetensi, simulasi, hasil simulasi, petunjuk navigasi, ubah profil user, referensi, dan profil pengembang. Namun

dikarenakan penggunaan jumlah halaman yang terlalu banyak, peneliti memutuskan untuk menghemat jumlah halaman yang digunakan dengan cara menjadikan beberapa halaman menjadi layer pop-up diantaranya kompetensi, hasil simulasi, petunjuk navigasi, ubah profil user, referensi, profil pengembang dan konfirmasi untuk keluar. Hal ini bertujuan untuk meminimalisir penggunaan aset dalam software yang lebih banyak dan menghemat penggunaan coding.

3.2. Kelayakan Konten Materi dari Simulator Struktur Senyawa Benzena Berbasis *Smartphone*

Ulasan mengenai kelayakan produk penelitian dari segi konten materi dilakukan oleh tiga penilai yang ahli dalam bidang media sekaligus dengan konten kimia. Kelayakan dari segi konten materi di dalam simulator ini berhubungan dengan karakteristik yang dikembangkan di dalam aplikasi ini.

a. Aspek Kompetensi

Pada aspek kompetensi, reviewer menanggapi bahwa indikator pencapaian kompetensi (IPK) yang berada dibagian kompetensi mendukung kompetensi dasar (KD) dari 3.10 yaitu “Menganalisis struktur, tatanama, sifat dan kegunaan senyawa benzena dan turunannya”. Hal ini disebabkan indikator yang dikembangkan terdapat indikator yang memiliki kata kerja yang tingkat ranah kognitifnya setara dengan apa yang diinginkan oleh kompetensi dasar 3.10, yaitu “Menganalisis”. Tahap simulasi kedua yaitu membuktikan struktur yang dirangkainya dengan cara memindahkan ikatan rangkapnya bertujuan untuk mencapai IPK 3.10.3 ini dan jawaban yang di-input peserta didik selama tahapan simulasi selama tahap ini dilakukan tercatat dalam hasil simulasi sebagai jejak pekerjaan peserta didik dalam bentuk tabel, fasilitas ini dapat dijadikan kemudahan bagi peserta didik untuk menganalisis hasil temuannya hingga IPK 3.10.3 dapat tercapai.

b. Aspek Tata Bahasa

Penggunaan tata bahasa yang diterapkan dalam simulator ini sudah layak, dengan catatan beberapa perbaikan yang perlu dilakukan karena ada beberapa istilah yang tidak cocok digunakan.

c. Aspek Konten Simulasi

Konten simulasi yang diterapkan dalam simulator ini sudah layak, dikarenakan struktur yang dirangkai melalui aplikasi ini dapat menggambarkan struktur benzena sesuai dengan ciri khas yang dideskripsikan secara teori yaitu struktur lingkaran enam yang memiliki ikatan rangkap dan tunggal yang berkonjugasi.

d. Aspek Navigasi

Berdasarkan respon mengenai navigasi, tombol dinilai sudah responsif dan berfungsi dengan baik dan aspek navigasi dinilai sudah layak.

3.3. Kelayakan Fasilitas-Fasilitas Media yang Mendukung dari Simulator Struktur Senyawa Benzena Berbasis *Smartphone*

Berdasarkan hasil lembar penilaian kelayakan dari segi fasilitas-fasilitas media, penggunaan fasilitas-fasilitas media seperti teks, gambar, audio, animasi dan simulasi yang mendukung simulator ini dapat dinyatakan sudah sangat layak dikarenakan dapat berfungsi dengan baik dalam menyimulasikan secara prosedural aktivitas peserta didik yang seolah-olah sedang merangkai struktur senyawa benzena dengan model yang

merepresentasikan atom dan ikatan dalam sebuah struktur. Secara rinci penggunaan setiap fasilitas-fasilitas ini sehingga dapat mendukung aktivitas diatas dapat dinyatakan sebagai berikut:

- Teks memberikan petunjuk operasional selama simulasi.
- Gambar-gambar seperti atom, ikatan yang dapat ditarik dan dilepaskan ke papan yang disediakan oleh simulasi dapat digunakan untuk merangkai struktur.
- Audio memberikan konfirmasi bagi penggunaanya bahwa aset tersebut bisa diinteraksi.
- Animasi *drop* menunjukkan bahwa aset yang dilepas dapat disusun sesuai dengan desain *tracker* yang digunakan.
- Simulasi dengan sistem *drag and drop* yang bertujuan untuk memfasilitasi peserta didik dalam merangkai strukturnya dengan sebebas mungkin dan mensimulasikan secara prosedural aktivitas peserta didik yang seolah-olah sedang merangkai struktur senyawa benzena dengan model yang merepresentasikan atom dan ikatan dalam sebuah struktur.

Segala fasilitas-fasilitas ini diatur sedemikian rupa (ukuran, warna, dsb.) supaya cocok digunakan di dalam *smartphone*. Hal ini kemudian dinilai oleh Penilai melalui lembar penilaian kelayakan dari segi fasilitas-fasilitas media. Berdasarkan hasil lembar penilaian kelayakan dari segi fasilitas-fasilitas media, tampilan-tampilan yang ditunjukkan melalui aplikasi ini sudah cocok digunakan di dalam *smartphone*. Sehingga, kelayakan dari fasilitas-fasilitas media yang mendukung dinilai sangat layak.

3.4. Tanggapan Pendidik dan Peserta Didik Mengenai Simulator Struktur Senyawa Benzena Berbasis *Smartphone* dari Segi Konten dan Media yang Dikembangkan

Hasil tanggapan pendidik dan peserta didik diperoleh dari uji coba terbatas yang telah dilakukan. Pelaksanaan uji coba terbatas dilakukan di SMAK 1 BPK PENABUR Bandung kepada tiga orang pendidik mata pelajaran kimia dan lima orang peserta didik yang sudah mempelajari materi tentang struktur senyawa benzena. Hasil tanggapan yang diperoleh bertujuan untuk mengetahui tanggapan pendidik dan peserta didik dari aplikasi yang telah dikembangkan setelah kelayakan-kelayakan tersebut dibuktikan terhadap aplikasi ini.

4. SIMPULAN

Simulator struktur senyawa benzena berbasis *smartphone* yang dikembangkan ini terbukti efektif dalam membantu peserta didik memahami konsep struktur benzena. Fitur-fitur yang dimiliki, seperti simulasi perakitan struktur, penomoran otomatis, dan visualisasi resonansi, memfasilitasi peserta didik dalam menganalisis dan memahami karakteristik unik senyawa benzena. Penggunaan berbagai media yang interaktif juga meningkatkan motivasi dan pemahaman peserta didik. Baik pendidik maupun peserta didik memberikan penilaian positif terhadap simulator ini, menunjukkan potensinya sebagai alat bantu pembelajaran yang efektif.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Program Studi Pendidikan Kimia, Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pendidikan Indonesia.

6. REFERENSI

- Aldoobie, N. (2015). ADDIE Model. *American International Journal of Contemporary Research*, 5(6), 68.
- Budiman, E. (2015). *Belajar Dasar Algoritma & Pemrograman*. Samarinda: Pemula.
- Chang, R. (2010). *Chemistry 10th Edition*. New York: McGraw-Hill.
- McMurry, J. (2011). *Organic Chemistry 7th Edition*. California: Brooks/Cole.
- Munir (2012). *MULTIMEDIA Konsep & Aplikasi dalam Pendidikan*. Bandung: Alfabeta.
- Permendikbud (2018). Permendikbud nomor 37 Tahun 2018 [Online]. Tersedia di: <https://jdih.kemdikbud.go.id/sjdih/siperpu/dokumen/salinan/Permendikbud%20Nomor%2037%20Tahun%202018.pdf> [18 Agustus 2023]
- Precision Agriculture Technology Company (2018). KingDraw: Chemistry Station [Mobile App]. Google Play Store: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.kingagroot.kingdraw&hl=en&gl=US> [30 Juli 2023]
- Purba, M. & Sarwiyati, E. (2016). *Kimia 3 untuk SMA/MA Kelas XII*. Jakarta: Erlangga.
- Repository UPI (2023). Skripsi Pendidikan Kimia Universitas Pendidikan Indonesia [Online]. Tersedia di: <http://repository.upi.edu/view/divisions/KIM/> [30 Juli 2023]
- Richey, R. C., & Klein, J. D. (2014). Design and development research. In *Handbook of Research on Educational Communications and Technology* (pp. 141–150). Springer New York. http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4614-3185-5_12
- Richey, R.C. dan Klein, J.D. (2005). Developmental Research Methods: Creating Knowledge from Instructional Design and Development Practice. *Journal of Computing in Higher Education*, 16(2), 23-38.
- Solomons, T. W. G. & Fryhle C. B. (2011). *Organic chemistry 10th Edition*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Surjono, H.D. (2017). *Multimedia Pembelajaran Interaktif*. Yogyakarta: UNY Press.
- Universitas Pendidikan Indonesia (2021). Pedoman Penulisan Karya Ilmiah UPI Tahun 2019 [Online]. Tersedia: <https://dit-pendidikan.upi.edu/?wpdmpro=pedoman-penulisan-karya-ilmiah-upi-tahun-2019> [30 Juli 2023].