



**PENGEMBANGAN PERMAINAN EDUKASI BERBASIS
AUGMENTED REALITY UNTUK PEMBELAJARAN SENYAWA
HIDROKARBON BAGI SISWA SEKOLAH MENENGAH ATAS
(SMA)**

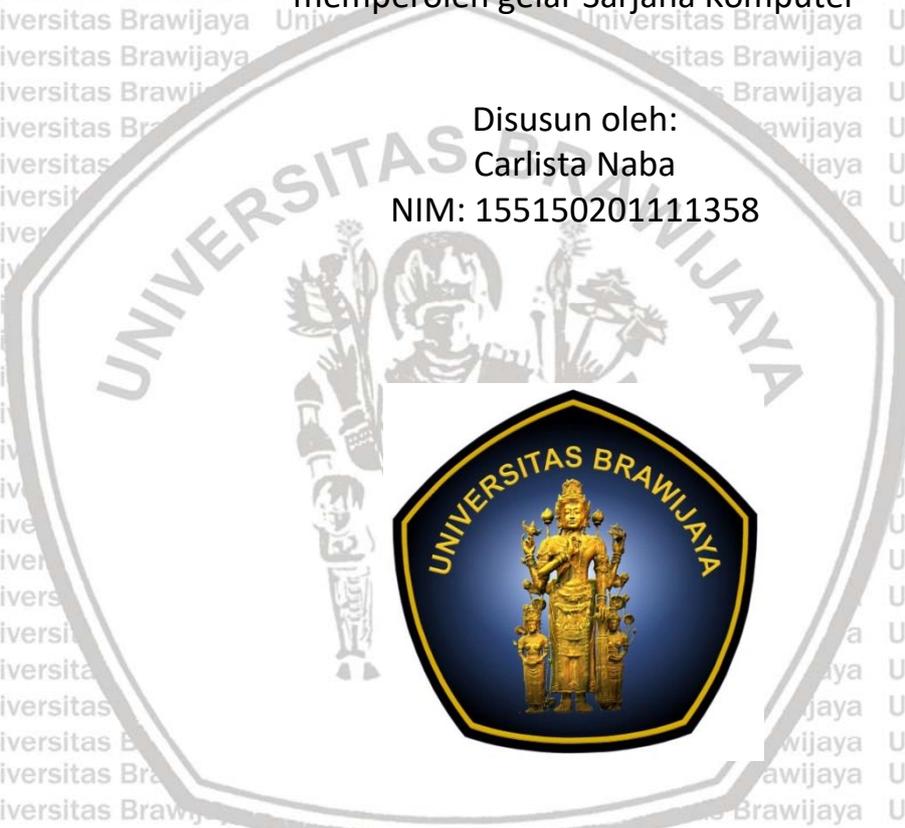
SKRIPSI

Untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Komputer

Disusun oleh:

Carlista Naba

NIM: 155150201111358



**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2021**

PENGESAHAN

PENGEMBANGAN PERMAINAN EDUKASI BERBASIS AUGMENTED REALITY UNTUK
PEMBELAJARAN SENYAWA HIDROKARBON BAGI SISWA SEKOLAH MENENGAH
ATAS (SMA)

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Komputer

Disusun Oleh :

Carlista Naba

NIM: 155150201111358

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
21 Juni 2021

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing 2

Muhammad Aminul Akbar, S.Kom.,
M.T.

NIK: 2016078910131001

Dr.Eng. Ahmad Afif Supianto, S.Si.,
M.Kom

NIK: 2012018206231001

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Informatika



Achmad Basuki, S.T., M.MG., Ph.D.

NIP: 197411182003121002

PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam naskah skripsi ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar referensi.

Apabila ternyata didalam naskah skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur plagiasi, saya bersedia skripsi ini digugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (sarjana) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan Pasal 70).

Malang, 27 Mei 2021



Carlista Naba

NIM: 155150201111358

KATA PENGANTAR

Puji syukur bagi Allah SWT karena atas rahmat, taufik, dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengembangan Permainan Edukasi Berbasis Augmented Reality Untuk Pembelajaran Senyawa Hidrokarbon Bagi Siswa Sekolah Menengah Atas (SMA)”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer di Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya Malang.

Skripsi ini tidak akan berhasil tanpa bantuan dari semua pihak yang telah berkontribusi dalam memberikan bantuan dan dukungan selama penulisannya. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa hormat dan terima kasih kepada :

1. Bapak Muhammad Aminul Akbar, S.Kom., M.T dan Bapak Dr.Eng. Ahmad Afif Supianto, S.Si., M.Kom selaku dosen pembimbing skripsi yang telah dengan sabar membimbing dan mengarahkan penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
2. Bapak Reza Andria Siregar, ST., M.Kom selaku dosen penasihat akademik yang selalu memberikan nasihat kepada penulis selama menempuh masa studi.
3. Bapak Adhitya Bhawiyuga, S.Kom., M.Sc selaku Ketua Program Studi Teknik Informatika.
4. Bapak Achmad Basuki, S.T., M.MG., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Informatika.
5. Bapak Wayan Firdaus Mahmudy, S.Si., M.T., Ph.D selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya.
6. Seluruh dosen Fakultas Ilmu Komputer yang telah memberikan ilmu kepada penulis selama menempuh masa studi.
7. Bapak, Ibu, serta seluruh keluarga besar atas segala kasih sayang, kesabaran, semangat, dan doa yang tiada hentinya untuk mendukung penulis selama masa studi dan skripsi.
8. Riska A., S.T selaku teman dan seluruh tenaga pengajar bimbingan belajar TC Club yang telah membantu penulis dalam melakukan pengujian untuk menyelesaikan skripsi ini.
9. Muhammad Nursodik W., S.Kom yang selalu memberikan dukungan dan semangat dalam setiap langkah yang penulis ambil, serta menjadi penenang dan tempat kembali dalam setiap masalah yang penulis alami.

10. Achmad Saputra A., S.Psi, Makna Nur M., S.Pd, dan Rika Tianah, A.Md.Kep yang selalu memberikan semangat, bantuan, dan dukungan yang penulis butuhkan agar penulis tetap waras.

11. Putri Bunga R., S.Kom, Putri Stephanie L., dan Murti Binary S. selaku teman seperjuangan dan satu tempat tinggal di Malang yang selalu memberikan dorongan selama perkuliahan untuk cepat lulus dan menyelesaikan skripsi.

12. Teman-teman seperjuangan Angkatan 2015 Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya yang telah memberi inspirasi serta semangat selama penulis menempuh studi.

13. Seluruh Civitas Akademik Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya yang telah memberikan banyak bantuan kepada penulis selama menempuh studi.

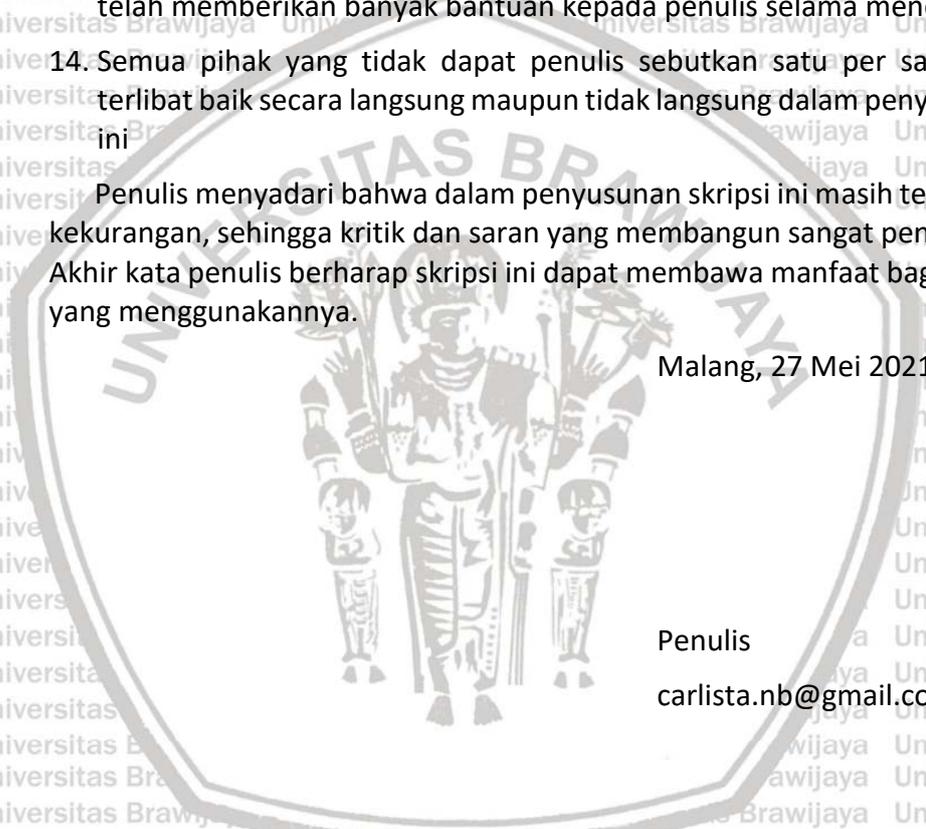
14. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang telah terlibat baik secara langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan, sehingga kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan. Akhir kata penulis berharap skripsi ini dapat membawa manfaat bagi semua pihak yang menggunakannya.

Malang, 27 Mei 2021

Penulis

carlista.nb@gmail.com



ABSTRAK

Carlita Naba, PENGEMBANGAN PERMAINAN EDUKASI BERBASIS AUGMENTED REALITY UNTUK PEMBELAJARAN SENYAWA HIDROKARBON BAGI SISWA SEKOLAH MENENGAH ATAS (SMA)

Pembimbing: Muhammad Aminul Akbar, S.Kom., M.T dan Dr.Eng. Ahmad Afif Supianto, S.Si., M.Kom

Kimia merupakan satu dari banyak cabang ilmu pengetahuan yang diajarkan pada Sekolah Menengah Atas (SMA), akan tetapi hasil observasi tenaga pengajar mengatakan bahwa masih banyak siswa yang sulit untuk mempelajari konsep kimia yang cenderung abstrak. Contoh materi yang masih membuat siswa bingung adalah materi senyawa hidrokarbon. Untuk mengatasi permasalahan dari konsep kimia yang abstrak, penelitian ini memiliki tujuan untuk mengembangkan media pembelajaran yang menarik melalui gim edukasi untuk mempelajari struktur serta tata penamaan *The International Union of Pure and Applied Chemistry* (IUPAC) senyawa hidrokarbon dengan menggunakan *Augmented Reality* (AR). Gim edukasi yang akan dikembangkan memiliki *genre* puzzle penyusunan senyawa yang dapat dilihat dengan menggunakan AR. Gim juga akan mendeteksi nama dari senyawa yang dibuat oleh pemain. Penelitian akan dilakukan dengan menggunakan metode *Iterative and Rapid Prototyping*, serta hasil dari penelitian akan diuji secara fungsional menggunakan *Black Box Testing* dan diujikan kepada responden dengan modul *Game Experience Questionnaire* (GEQ). Pada GEQ responden akan diberikan 2 modul yang dijawab saat dalam sesi bermain gim dan setelah sesi bermain gim selesai. Hasil dari pengujian fungsional menunjukkan bahwa gim bekerja dengan baik dengan 100% validitas, begitu juga hasil pengujian pengalaman pemain dengan GEQ. Berdasarkan kuesioner dengan GEQ, gim yang menggunakan AR dapat menambah minat dan mengurangi rasa bosan siswa saat belajar.

Kata kunci: *augmented reality*, *game* edukasi, senyawa hidrokarbon, media pembelajaran, *GEQ*





ABSTRACT

Carlista Naba, DEVELOPMENT OF AUGMENTED REALITY-BASED GAME EDUCATION FOR HYDROCARBON COMPOUND LEARNING FOR HIGH SCHOOL STUDENT

Supervisors: Muhammad Aminul Akbar, S.Kom., M.T and Dr.Eng. Ahmad Afif Supianto, S.Si., M.Kom

Chemistry is one of the many branches of science that is taught on high school, but observations from teachers shows that there's still many students who struggles learning chemistry because of its abstract and intangible concept. Example of a chapter that student still struggles is hydrocarbon chapter. To help with the problem of the abstractness concept of chemistry, this study has a goal to develop an educational game as a learning media to study about the structural molecule of hydrocarbon compound and its The International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC) nomenclature using Augmented Reality (AR). The game will be developed as a puzzle game, on which the player arrange and build a hydrocarbon compound that can be seen on the real world with AR. The game will also detects the compound's name. This study will be done with Iterative Rapid Prototyping design cycle. The study's functionality result will be tested with Black Box Testing and tested on students with Game Experience Questionnaire (GEQ) module to asses the student's experience. There is 2 modules, which will be asked when the respondent is in their playing session, and when they're finished playing the game accordingly. The results of functionality testing shows that the game works well with 100% validity, just as the experience testing with GEQ. Based on the questionnaire results, game that uses AR could improve the student's interest and help them to overcome their feeling of boredom in learning.

Key words: augmented reality, educational game, hydrocarbon compound, learning media, GEQ

DAFTAR ISI

PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat.....	2
1.5 Batasan Masalah	3
1.6 Sistematika Pembahasan.....	3
BAB 2 LANDASAN KEPUSTAKAAN	4
2.1 Kajian Pustaka	4
2.2 Gim.....	7
2.3 Gim Edukasi.....	7
2.4 Elemen Formal Gim	7
2.5 <i>Mechanics, Dynamics, Aesthetics (MDA) Framework</i>	8
2.6 <i>Augmented Reality (AR)</i>	10
2.7 Kimia	11
2.8 Senyawa Hidrokarbon.....	11
2.8.1 Alkana.....	12
2.8.2 Alkena.....	13
2.8.3 Alkuna.....	13
2.9 <i>Iterative and Rapid Prototyping (IRP)</i>	13





2.9.1 Tahap Perancangan.....	14
2.9.2 Tahap Implementasi.....	14
2.10 Pengujian Fungsionalitas (<i>Black box Testing</i>).....	14
2.11 <i>Game Experience Questionnaire</i> (GEQ).....	15
2.12 Perangkat Pengembangan Aplikasi	16
2.12.1 Unity.....	16
2.12.2 Android.....	16
2.12.3 Vuforia SDK	16
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	17
3.1 Tipe Penelitian	17
3.2 Studi Literatur	17
3.3 Partisipan dan Lokasi Penelitian	17
3.4 Metode Pengumpulan Data.....	17
3.5 Metode Analisis Data.....	17
3.6 Pengembangan	18
3.6.1 Tahap Perancangan.....	18
3.6.2 Tahap Implementasi.....	19
3.7 Pengambilan Kesimpulan dan Saran	19
BAB 4 PERANCANGAN.....	20
4.1 Iterasi Pertama.....	20
4.1.1 Proses Desain	20
1. Deskripsi gim	20
2. <i>Themes</i>	21
3. <i>Players</i>	21
4. <i>Goals</i>	21
5. <i>Resources dan Resource Management</i>	21
6. <i>Game State</i>	21
7. <i>Information</i>	21
8. <i>Sequencing</i>	21
9. <i>Player Interaction</i>	21



10.	<i>Rules</i>	21
4.2	Iterasi Kedua.....	25
4.2.1	Proses Desain.....	25
1.	<i>Game State</i>	25
2.	<i>Information</i>	25
3.	<i>Rules</i>	25
4.2.2	<i>Prototype, Playtest, dan Evaluasi</i>	26
4.3	Iterasi Ketiga.....	29
4.3.1	Proses Desain.....	29
1.	<i>Rules</i>	29
4.3.2	<i>Prototype, Playtest, dan Evaluasi</i>	30
BAB 5	IMPLEMENTASI.....	35
5.1	Teknologi dan <i>Platform</i>	35
5.2	Implementasi <i>Gameplay</i>	36
5.2.1	Implementasi Pemilihan Level.....	36
5.2.2	Implementasi Penambahan Unsur Karbon.....	37
5.2.3	Implementasi Penambahan Unsur Hidrogen.....	38
5.2.4	Implementasi Penyusunan Senyawa.....	38
5.2.5	Implementasi Mengganti Jenis Ikatan Kovalen.....	40
5.2.6	Implementasi Menghapus Senyawa pada <i>Playspace</i>	41
5.2.7	Implementasi Pemberian <i>Reward</i> Berupa Bintang.....	42
5.2.8	Implementasi Senyawa Menjadi 3D AR.....	42
5.2.9	Implementasi Pengecekan Nama Senyawa.....	44
5.3	Implementasi <i>Asset</i>	51
BAB 6	PENGUJIAN.....	58
6.1	<i>Black Box Testing</i>	58
6.2	<i>Game Experience Questionnaire (GEQ)</i>	59
6.2.2	<i>Core Questionnaire</i>	60
6.2.3	<i>Post-Game Questionnaire</i>	65
BAB 7	KESIMPULAN DAN SARAN.....	70



7.1 Kesimpulan.....	70
7.2 Saran	70
DAFTAR REFERENSI	71



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kajian Pustaka 5

Tabel 4.1 Gambaran umum permainan..... 20

Tabel 4.2 *Rules* iterasi pertama..... 22

Tabel 4.3 Langkah yang Diambil Pemain Pada Iterasi Pertama..... 23

Tabel 4.4 Hasil *playtest* iterasi pertama..... 24

Tabel 4.5 *Rules* iterasi kedua..... 25

Tabel 4.6 Langkah yang Diambil Pemain Pada Iterasi Kedua 27

Tabel 4.7 Hasil *playtest* iterasi kedua..... 28

Tabel 4.8 *Rules* iterasi ketiga..... 29

Tabel 4.9 Langkah yang Diambil Pemain Pada Iterasi Ketiga..... 31

Tabel 4.10 Hasil *playtest* iterasi ketiga..... 32

Tabel 4.11 Tabel Fungsional..... 33

Tabel 5.1 Perangkat keras yang digunakan untuk implementasi 35

Tabel 5.2 Perangkat Lunak dan Bahasa Pemrograman yang digunakan untuk implementasi..... 35

Tabel 5.3 Spesifikasi *Smartphone* untuk Implementasi..... 36

Tabel 5.4 *File JSON* LevelData 36

Tabel 5.5 *Pseudocode* Implementasi Pemilihan Level 37

Tabel 5.6 *Pseudocode* Implementasi Pemilihan Level 37

Tabel 5.7 *Pseudocode* Implementasi Penambahan Hidrogen 38

Tabel 5.8 *Pseudocode* Implementasi Penyusunan Senyawa 39

Tabel 5.9 *Pseudocode* Implementasi Mengganti Jenis Ikatan Kovalen 41

Tabel 5.10 *Pseudocode* Implementasi Penghapusan Senyawa *Playspace* 42

Tabel 5.11 *Pseudocode* *Reward* Bintang..... 42

Tabel 5.12 *Pseudocode* Implementasi Senyawa Menjadi 3D AR..... 43

Tabel 5.13 *Pseudocode* untuk Menentukan Nama Senyawa..... 44

Tabel 5.14 *Pseudocode* untuk Mencari Semua Path..... 46

Tabel 5.15 *Pseudocode* Mencari dan Mengurutkan Rantai Cabang..... 48



Tabel 5.16 <i>Pseudocode</i> untuk Menentukan Nama Senyawa.....	50
Tabel 6.1 Pengujian <i>Black Box</i>	58
Tabel 6.2 Pertanyaan <i>Core Questionnaire</i>	60
Tabel 6.3 Jawaban Responden Terhadap <i>Core Questionnaire</i>	63
Tabel 6.4 <i>Mean</i> dan Standard Deviasi Jawaban <i>Core Questionnaire</i>	64
Tabel 6.5 Pertanyaan <i>Post-Game Questionnaire</i>	66
Tabel 6.6 Jawaban Responden Terhadap <i>Post-Game Questionnaire</i>	67
Tabel 6.7 <i>Mean</i> dan Standard Deviasi Jawaban <i>Post-Game Questionnaire</i>	67
Tabel 6.8 Kritik, Saran, dan Tanggapan Responden.....	69



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Perbedaan Perspektif Antara Pemain dan Desainer.....	9
Gambar 2.2 <i>Mixed Reality Continuum</i>	10
Gambar 2.3 Hubungan Kimia dengan Ilmu Pengetahuan Lain.....	11
Gambar 2.4 Nomenklatur Berdasarkan IUPAC.....	12
Gambar 2.5 Struktur Lewis dan Model 3D Pentana.....	13
Gambar 2.6 Struktur Lewis dan Model 3D 1-Butena.....	13
Gambar 2.7 Model 3D Etuna.....	13
Gambar 2.8 Diagram <i>Iterative</i> dan <i>Rapid Prototyping</i>	14
Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi Penelitian.....	18
Gambar 4.1 <i>Paper Prototype</i> Iterasi Pertama – Keseluruhan Soal.....	23
Gambar 4.2 <i>Paper Prototype</i> Iterasi Pertama – Penyelesaian Soal.....	24
Gambar 4.3 <i>Paper Prototype</i> Iterasi Kedua – Keseluruhan Soal.....	27
Gambar 4.4 <i>Paper Prototype</i> Iterasi Kedua – Penyelesaian Soal.....	28
Gambar 4.5 <i>Paper Prototype</i> Iterasi Ketiga – Keseluruhan Soal.....	31
Gambar 4.6 <i>Paper Prototype</i> Iterasi Ketiga – Penyelesaian Soal.....	32
Gambar 5.1 Asset 2D.....	52
Gambar 5.2 Asset 3D.....	52
Gambar 5.3 <i>UI Main Menu</i>	53
Gambar 5.4 <i>UI Pemilihan Materi</i>	53
Gambar 5.5 <i>UI Tampilan Belajar</i>	54
Gambar 5.6 <i>UI Pemilihan Level</i>	54
Gambar 5.7 <i>UI Gameplay</i>	55
Gambar 5.8 <i>UI Pemilihan Level</i>	56
Gambar 5.9 <i>UI Level Selesai</i>	56
Gambar 5.10 <i>UI Lihat dengan AR</i>	57

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Ilmu kimia merupakan satu dari banyak cabang ilmu pengetahuan natural yang membahas mengenai zat-zat dan bagaimana perubahannya dalam berbagai kondisi (Dileepa, 2021). Ilmu kimia sudah dipelajari oleh siswa semenjak tingkat Sekolah Menengah Pertama (SMP) dalam pelajaran Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) dan mulai difokuskan menjadi pelajaran individual pada tingkat Sekolah Menengah Atas (SMA) (Kemendikbud, 2020). Namun karena konsep kimia yang abstrak, kimia menjadi sulit untuk dipelajari bagi beberapa siswa (Sirhan, 2007). Salah satu permasalahan yang dihadapi dalam mempelajari kimia adalah pada materi senyawa hidrokarbon. Pada penelitian yang dilakukan oleh Sunyono, et al. tahun 2009, materi senyawa hidrokarbon menempati peringkat ke – 3 materi tersulit untuk dikuasai oleh siswa, diikuti oleh hukum dasar kimia dan materi ikatan kimia. Begitu juga pada hasil dari wawancara terhadap tenaga pengajar kimia yang mengatakan bahwa walaupun senyawa hidrokarbon bukan merupakan materi tersulit, namun masih banyak kebingungan yang dialami oleh siswa pada materi tersebut. Hal tersebut disebabkan oleh 3 faktor, yaitu materi yang diajarkan hanya bersifat teori, siswa tidak dapat mengamati secara langsung teori abstrak, ataupun metode pembelajaran yang kurang efektif (Sunyono, et al., 2009). Untuk itu dibutuhkan metode pembelajaran yang efektif dan menyenangkan untuk membantu siswa memahami lebih lanjut dan meningkatkan minat belajar dari siswa (Sumadi, Mulyani, & Setyowati, 2015). Salah satu cara adalah menggunakan gim edukasi sebagai media pembelajaran yang diminati siswa.

Gim edukasi merupakan bagian dari *serious game*, yang mana gim ini digunakan untuk pembelajaran. Dalam beberapa studi kasus ditemukan bahwa gim edukasi telah sukses dalam membantu proses pembelajaran karena gim edukasi menawarkan cara belajar yang simpel dan dinamis (Noemí & Máximo, 2014). Seiring perkembangan *smartphone*, gim pada *smartphone* mulai digunakan sebagai salah satu media pembelajaran karena sifatnya yang menarik dan menyenangkan, tetapi tetap dibutuhkan desain dari gim yang baik agar gim tersebut bisa mempertahankan sifatnya yang menyenangkan, dan juga menyampaikan tujuannya sebagai alat untuk pembelajaran yang efektif (Marklund, Backlund, & Engstrom, 2014). Untuk membantu siswa dalam mempermudah pembayangan materi, dapat digunakan teknologi Augmented Reality (AR).

AR merupakan teknologi perantara antara dunia maya dan dunia nyata melalui marker(target) untuk menampilkan objeknya yang berbentuk CGI (Computer Generated Imagery). Teknologi ini memungkinkan user untuk membayangkan hal yang tidak memungkinkan di dunia nyata, contohnya adalah berinteraksi dengan objek 3D secara real time (Wu, et al., 2012). Informasi dan objek digital dapat diproyeksikan ke dunia nyata dengan menggunakan marker (Kaufmann &

Schmalstieg, 2003). Dalam bidang pendidikan AR dapat digunakan sebagai media pembelajaran, sehingga pengalaman belajar dapat menjadi lebih menyenangkan dan interaktif (Wu, et al., 2012).

Sebelumnya telah dilakukan beberapa penelitian mengenai pembuatan media pembelajaran alternatif untuk kimia. Beberapa diantaranya adalah penelitian yang dilakukan oleh Taçgin, Uluçay, dan Özüağ pada tahun 2016 yang memanfaatkan teknologi AR, Sumadi, et al. pada tahun 2015 yang menggunakan media pembelajaran gim edukasi, Boletsis dan McCallum pada tahun 2013 yang memadukan media pembelajaran gim edukasi dengan teknologi AR, serta Lahallo, Wiranatha, dan Sasmita pada tahun 2016 yang membuat media pembelajaran hidrokarbon dengan jenis senyawa alkil alkohol untuk siswa kelas 3 Sekolah Menengah Atas.

Penelitian penggunaan AR dan gim edukasi sebagai media pembelajaran alternatif menunjukkan hasil yang baik, sehingga pada penelitian ini akan dilakukan pengembangan gim interaktif dengan topik penelitian senyawa hidrokarbon berbasis AR yang menarik bagi siswa. Diharapkan penelitian ini dapat membantu siswa yang kesulitan membayangkan konsep kimia yang cenderung abstrak (Sirhan, 2007).

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana *gameplay* pada gim edukasi berbasis AR untuk pembelajaran kimia yang menarik bagi siswa sekolah?
2. Bagaimana hasil validitas untuk pengujian fungsionalitas (*Black box testing*) pada gim edukasi berbasis AR untuk pembelajaran kimia yang menarik bagi siswa sekolah?
3. Bagaimana pengalaman pengguna dalam memainkan gim edukasi berbasis AR untuk pembelajaran kimia yang diujikan menggunakan *Game Experience Questionnaire* (GEQ) ?

1.3 Tujuan

1. Memperoleh rancangan *gameplay* yang menarik dan mengedukasi pada gim edukasi berbasis AR untuk pembelajaran kimia siswa sekolah.
2. Mengetahui hasil validitas pengujian fungsionalitas *black box* pada gim edukasi berbasis AR untuk pembelajaran kimia siswa sekolah.
3. Mengetahui hasil pengalaman pengguna pada gim edukasi berbasis AR untuk pembelajaran kimia pada pengujian *Game Experience Questionnaire* (GEQ).

1.4 Manfaat

1. Untuk penulis, mendapatkan pengalaman dalam mengembangkan gim menggunakan AR.
2. Untuk masyarakat, mendapat alternatif pembelajaran pelajaran kimia yang lebih menyenangkan.

3. Untuk universitas, sebagai referensi yang dapat digunakan untuk mahasiswa yang akan mengembangkan gim juga menambah pengetahuan di dunia pengembangan gim, khususnya menggunakan AR.

1.5 Batasan Masalah

1. Gim hanya terdapat pada platform Android.
2. Gim hanya membahas mengenai senyawa hidrokarbon.

1.6 Sistematika Pembahasan

BAB I-PENDAHULUAN

Dalam pendahuluan memuat latar belakang dari pemilihan penggunaan gim edukasi berbasis AR untuk pembelajaran kimia siswa SMA perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan penelitian, dan sistematika pembahasan dari penelitian.

BAB II-LANDASAN KEPUSTAKAAN

Memuat kajian pustaka dan dasar teori yang berkaitan serta menunjang proses penelitian, yang berisi pengertian akan gim edukasi, AR, Unity, Android, dan Kimia.

BAB III-METODOLOGI

Membahas metodologi penelitian dalam membuat gim edukasi berbasis AR untuk pembelajaran kimia siswa SMA.

BAB IV-PERANCANGAN

Membahas perancangan dengan menggunakan *paper prototype* untuk mendapatkan tabel fungsional pada gim edukasi berbasis AR untuk pembelajaran kimia siswa SMA.

BAB V- IMPLEMENTASI

Membahas implementasi berdasarkan table fungsional pada gim edukasi berbasis AR untuk pembelajaran kimia siswa SMA.

BAB VI-PENGUJIAN

Memuat dan menganalisa hasil dari implementasi perancangan menggunakan pengujian *black-box* dan GEQ.

BAB VII-KESIMPULAN DAN SARAN

Memuat kesimpulan dan saran dari hasil pengujian gim edukasi berbasis AR untuk siswa SMA.

BAB 2 LANDASAN KEPUSTAKAAN

2.1 Kajian Pustaka

Bagian ini akan membahas mengenai penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Penelitian – penelitian tersebut berjudul “*Designing and Developing an Augmented Reality Application: A Sample of Chemistry Education*” (TAÇGIN, ULUÇAY, & ÖZÜAĞ, 2016), “Pengembangan Media Game Senyawa Hidrokarbon Pada Pembelajaran Kimia Di Sma Batik 1 Surakarta Dan Sma Batik 2 Surakarta” (Sumadi, Mulyani, & Setyowati, 2015), dan “*The Table Mystery: An Augmented Reality Collaborative Game for Chemistry Education*” (Boletsis & McCallum, 2013).

Penelitian Pertama dilakukan oleh Zeynep Taçgin, Ersin Ozuag, dan Nazlıcan Uluçay pada tahun 2016 dan berjudul “*Designing and Developing an Augmented Reality Application: A Sample of Chemistry Education*”. Penelitian tersebut berfokus pada implementasi penggabungan antara pembelajaran nyata dan maya. Penelitian ini menggunakan *Natural User Interface* (NUI) menggunakan *Head Mounted Display* (HMD) sehingga user dapat memanipulasi objek secara langsung menggunakan gerakan tangan. Terdapat beberapa fitur dalam penelitian ini, yaitu manipulasi tabel periodik serta elemen-elemen di dalamnya dengan audio visual informasi, serta kombinasi antar molekul. Hasil dari penelitian ini adalah visualiasi dengan *high fidelity* meningkatkan pembelajaran kognitif yang membuat siswa bukan hanya menghafal, namun mengerti topik pembelajaran yang disajikan. Siswa merasa lebih senang karena dapat mengerti konsep yang sebelumnya abstrak, menjadi lebih mudah dibayangkan (TAÇGIN, ULUÇAY, & ÖZÜAĞ, 2016).

Penelitian kedua dilakukan oleh Conny Dian Sumadi, Sri Mulyani, dan Widiastuti Agustina pada tahun 2015 dan berjudul “Pengembangan Media Game Senyawa Hidrokarbon Pada Pembelajaran Kimia di SMA Batik 1 Surakarta dan SMA Batik 2 Surakarta”. Penelitian tersebut membahas tentang pengembangan gim *multi-platform*, yaitu desktop dan android, dengan topik penelitian senyawa hidrokarbon. Gim tersebut menawarkan opsi untuk belajar dan juga bermain. Hasil dari penelitian ini adalah bahwa gim yang dikembangkan memiliki nilai kelayakan dan penilaian yang baik berdasarkan respondennya, yaitu peserta didik kelas XI di SMA Batik 1 dan SMA Batik 2 Surakarta (Sumadi, Mulyani, & Setyowati, 2015).

Penelitian ketiga dilakukan oleh Costas Boletsis dan Simon McCallum pada tahun 2013 dan berjudul “*The Table Mystery: An Augmented Reality Collaborative Game for Chemistry Education*”. Penelitian tersebut membahas tentang pengembangan gim AR dengan IRP dengan genre *Adventure-Mystery* yang memiliki target penelitian siswa SMP. Terdapat cerita dengan 3 peran yang harus dipecahkan di dalam penelitian ini, 3 peran yang tersedia adalah “*The Technologist*” yang memegang *iPad*, “*The Researcher*” yang akan mencari

petunjuk di buku, dan “*The Investigator*” yang akan memecahkan misteri berdasarkan petunjuk tersebut. Penelitian ini menunjukkan hasil yang positif karena siswa menjadi lebih tertarik untuk mempelajari kimia karena penelitian yang disajikan dengan menyenangkan (Boletsis & McCallum, 2013).

Penelitian keempat dilakukan oleh Cardian Althea Stephanie Lahallo, A. A. Kt. Agung Cahyawan Wiranatha, dan I Gusti Made Arya Sasmita pada tahun 2016 dan berjudul “Media Pembelajaran Molymod Senyawa Hidrokarbon Teknologi Augmented Reality Berbasis Android”. Penelitian tersebut membahas tentang pengembangan aplikasi sebagai media pembelajaran senyawa hidrokarbon untuk jenis senyawa alkil alkohol. Penelitian ini menunjukkan bahwa responden setuju bahwa aplikasi sangat bermanfaat dan responden dapat lebih memahami materi lebih baik (Lahallo, Wiranatha, & Sasmita, 2016). Kajian pustaka dijelaskan secara singkat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Kajian Pustaka

No	Judul	Obyek	Metode	Perbandingan Penelitian	Hasil(Output)
1.	<i>Designing and Developing an Augmented Reality Application: A Sample of Chemistry Education</i> (TAÇGIN, ULUÇAY, & ÖZÜAĞ, 2016)	AR menggunakan <i>Hand motion control</i> dengan <i>Head Mounted Display (HMD)</i>	Paradigma <i>Design-Based Research</i>	Penelitian berfokus pada pembelajaran ilmu dasar kimia menggunakan AR dengan sedikit konten gim	Visualiasi dengan high fidelity meningkatkan pembelajaran kognitif yang membuat siswa bukan hanya menghafal, namun mengerti topik pembelajaran yang disajikan. Siswa merasa lebih senang karena dapat mengerti konsep yang sebelumnya abstrak, menjadi lebih mudah dibayangkan.

2.	Pengembangan Media Game Senyawa Hidrokarbon Pada Pembelajaran Kimia di SMA Batik 1 Surakarta dan SMA Batik 2 Surakarta (Sumadi, Mulyani, & Setyowati, 2015)	<i>Framework cross-platform Haxe</i>	<i>Research and Development (R&D) yang mengacu pada model pengembangan Borg dan Gall</i>	Penelitian berfokus pada pembelajaran materi senyawa hidrokarbon menggunakan gim tanpa AR	Gim memiliki nilai kelayakan dan penilaian yang baik berdasarkan respondennya, yaitu peserta didik kelas XI di SMA Batik 1 dan SMA Batik 2 Surakarta
3.	<i>The Table Mystery: An Augmented Reality Collaborative Game for Chemistry Education</i> (Boletsis & McCallum, 2013)	AR dengan peramban Junaio dari metaio GmbH	Design Principles (DP) for educational games	Penelitian berfokus pada aspek <i>fun</i> pada pembelajaran ilmu dasar kimia menggunakan AR	Gim menunjukkan hasil yang positif karena siswa menjadi lebih tertarik untuk mempelajari kimia yang disajikan dengan lebih menyenangkan
4.	Media Pembelajaran Molymod Senyawa Hidrokarbon Teknologi Augmented Reality Berbasis Android	<i>Augmented Reality</i> berbasis Android	Metode <i>waaterfall</i>	Penelitian berfokus pada pengembangan aplikasi pembelajaran untuk materi senyawa hidrokarbon jenis alkil alkohol tanpa <i>gamification</i>	Siswa merasa aplikasi sangat bermanfaat dan lebih memahamai materi alkil alkohol

Sumber : (TAÇGIN, ULUÇAY, & ÖZÜAĞ, 2016), (Sumadi, Mulyani, & Setyowati, 2015), (Boletsis & McCallum, 2013), dan (Lahallo, Wiranatha, & Sasmita, 2016).

2.2 Gim

Menurut kamus oxford, Gim, atau yang biasa disebut *game*, merupakan suatu aktivitas yang dilakukan seseorang untuk mendapatkan kesenangan (Oxford Dictionaries | English, 2019). *Gim* merupakan konsep yang abstrak karena dalam memainkan sebuah gim pemain harus memilih berbagai macam pilihan untuk mencapai suatu tujuan, dan pilihan-pilihan tersebut merupakan sesuatu yang abstrak. Sesuatu dapat dikatakan menjadi sebuah gim jika mencakup 3 hal, yaitu pemain (*player*), aturan (*rules*), dan kondisi kemenangan (*winning condition*). Seorang pemain dapat menggunakan berbagai macam strategi untuk bermain dengan aturan yang berlaku (Stenros, 2016).

2.3 Gim Edukasi

Gim edukasi merupakan salah satu bentuk dari *serious game*. *Serious game* adalah gim yang bertujuan untuk mengajarkan dan menyampaikan sesuatu, bukan hanya sebagai media hiburan semata (Noemi, P, et al., 2014). Tantangan dari gim edukasi ini sendiri adalah merancang gim yang memiliki keseimbangan antara integritas tujuan pembuatan gim tersebut dan memberikan skenario gim yang dapat menarik (Marklund, Backlund, & Engstrom, 2014). Sebuah penelitian mengatakan bahwa gim edukasi memberikan dampak positif terhadap motivasi siswa dalam belajar dan siswa merasa lebih rileks dan mengurangi perasaan cemas ketika belajar (Mukmin & Sabata, 2017).

2.4 Elemen Formal Gim

Gim merupakan aktivitas yang memiliki elemen. Elemen adalah hal yang menyusun sebuah gim, yang dapat dipisah dan dirancang masing-masing sehingga menjadi sebuah kesatuan. Terdapat 9 elemen yang perlu dirancang berdasarkan Schreiber, yaitu *themes*, *players*, *goals*, *rules*, *resources* dan *resource management*, *information*, *sequencing*, dan *player interaction* (Schreiber, 2009).

1. Themes

Tema berfungsi untuk menyediakan ikatan emosional terhadap suatu gim, serta dapat membuat gim lebih mudah diketahui dan dipelajari.

2. Players

Players berfungsi untuk memberikan informasi mengenai berapa jumlah pemain dalam suatu gim, serta apa saja hubungan antar pemain tersebut. Hubungan dari pemain dalam suatu gim dapat berupa musuh, teman, kompetisi tim, satu lawan banyak, dan sebagainya.

3. Goals

Goals merupakan tujuan dan apa yang harus dicapai pemain untuk memenangkan sebuah gim.

4. Rules

Terdapat tiga kategori dari sebuah *rules* permainan, yaitu *setup* yang dilakukan pada saat pertama kali gim dimulai, *progression of play*, apa yang terjadi di dalam gim, dan *resolution*, apa kondisi yang menyebabkan gim selesai dan bagaimana hasil dari gim yang dimainkan tersebut.

5. Resources dan Resource Management

Resource atau sumber daya merupakan apapun yang dapat pemain kontrol, baik secara eksplisit, seperti benda-benda yang terdapat pada gim, maupun implisit, seperti teritori, jumlah pertanyaan, waktu, dll.

6. Game State

Game state merupakan sumber daya yang tidak dimiliki seorang pemain, tetapi tetap ada didalam gim.

7. Information

Information berisi informasi apa saja yang terlihat pada satu player dengan yang lainnya.

8. Sequencing

Sequencing merupakan alur dari perpindahan permainan satu pemain dengan pemain lainnya, contohnya seperti *turn-based* dan gim *real-time*.

9. Player Interaction

Player Interaction merupakan interaksi yang dilakukan antar pemain, seperti bagaimana seorang pemain dapat merubah keputusan pemain yang lain ataupun bagaimana tiap pemain saling bertukar informasi dan bernegosiasi.

2.5 Mechanics, Dynamics, Aesthetics (MDA) Framework

MDA merupakan rangka kerja yang dibuat untuk menjembatani antara pengembangan gim, kritik dan *feedback* gim, serta hal-hal teknis gim. Dalam mengembangkan gim, perspektif dari desainer dan pemain penting untuk dipikirkan karena dengan memikirkan kedua aspek tersebut, desainer akan dapat merancang gim berdasarkan pendekatan pengalaman pemain dan pendekatan fungsionalitas (Hunicke, Leblanc, & Zubek, 2004). Terdapat 3 komponen dalam MDA, yaitu :

1. Mechanics

Mechanics merupakan aksi, kontrol, dan perilaku yang dapat diinteraksikan oleh pemain. Komponen mechanics juga mencakup semua konten gim, seperti desain level dan asset.

2. *Dynamics*

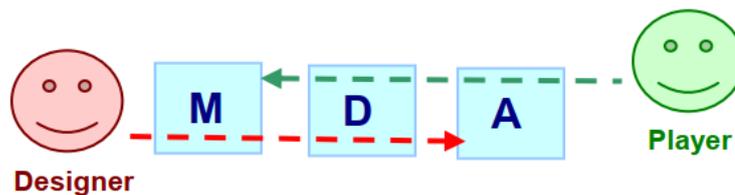
Dynamics merupakan aspek yang mana pemain dapat berinteraksi dengan *mechanics* dari gim sebagai sebuah sistem umpan balik. Pemain akan mendapatkan respon dari aksi yang telah dibuat.

3. *Aesthetics*

Aesthetics merupakan aspek yang menganalisis bagaimana sebuah gim menjadi menyenangkan. Analisis ini dilakukan berdasarkan emosi yang pemain rasakan saat memainkan gim. Ada beberapa jenis *aesthetics* yang dapat dirasakan oleh pemain, yaitu:

1. *Sensation* – Gim sebagai rasa kepuasan
2. *Fantasy* – Gim sebagai tempat berkhayal
3. *Narrative* – Gim sebagai drama
4. *Challenge* – Gim sebagai penyedia rintangan
5. *Fellowship* – Gim sebagai tempat bersosialisasi
6. *Discovery* – Gim sebagai tempat menemukan hal baru
7. *Expression* – Gim sebagai tempat menemukan jati diri
8. *Submission* – Gim sebagai alat menghabiskan waktu

Dalam mengembangkan sebuah gim diperlukan umpan balik dari dua sisi, yaitu sisi desainer dan sisi pemain. Desainer membuat desain gim dengan memikirkan sisi *mechanics* terlebih dahulu, dan *aesthetics* terakhir, namun pemain tidak seperti itu. Pemain melihat sebuah gim dari sisi *aesthetics* terlebih dahulu, lalu setelah merasakan *dynamics* dalam sebuah gim, pemain baru akan mengerti *mechanics* dari sebuah gim yang ia mainkan. Perspektif dari kedua sisi ini dapat membantu pengembang untuk melihat bahwa bahkan pergantian kecil dalam satu komponen rangka kerja dapat sangat berpengaruh bagi komponen lainnya. Ilustrasi dari perspektif desainer dan pemain terdapat pada Gambar 2.1.



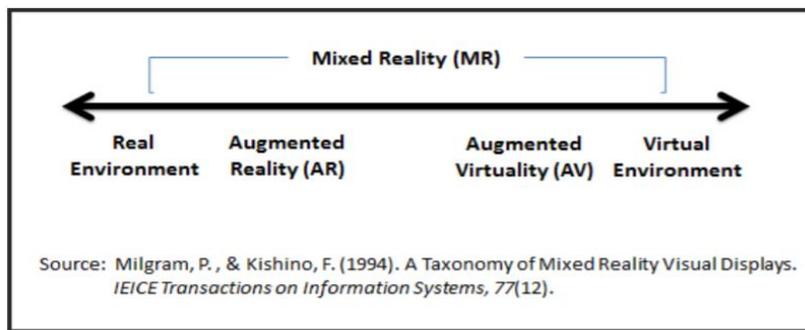
Gambar 2.1 Perbedaan Perspektif Antara Pemain dan Desainer.

Sumber: Hunicke, Leblanc, & Zubek (2004)

2.6 Augmented Reality (AR)

AR adalah teknologi yang memungkinkan visual 2D atau 3D dalam komputer seakan-akan tampil dalam dunia nyata. Implementasi AR memiliki 3 karakteristik, yaitu Kombinasi dunia nyata dan elemen-elemen maya, interaktif pada *real-time*, dan objeknya berupa objek 3D (Kaufmann & Schmalstieg, 2003).

AR sering dikaitkan dengan *Virtual Reality* (VR) dan *Mixed Reality* (MR). VR merupakan kebalikan dari AR, yang mana semua informasi yang diterima oleh user diolah oleh computer dan tidak berhubungan dengan lokasi, objek, atau aktivitas di dunia nyata. Namun di antaranya terdapat 2 environment *augmented* yang disebut MR, yaitu AR, dan *Augmented Virtuality* (AV), yang mana dunia yang ditampilkan oleh computer diolah menjadi *background*, sedang kontennya itu sendiri merupakan data dari dunia nyata (Yuen, Yaoyuneyong, & Johnson, 2011). Visualisasi dari MR dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.2 Mixed Reality Continuum.

Sumber: Milgram & Kishino (1994)

AR memiliki beberapa komponen, yaitu:

1. *Scene Generator*

Scene generator berfungsi untuk merender scene. Karena objek yang di render pada AR biasanya tidak banyak dan tidak perlu detail yang tinggi, maka ini bukan masalah yang besar bagi AR.

2. *Tracking System*

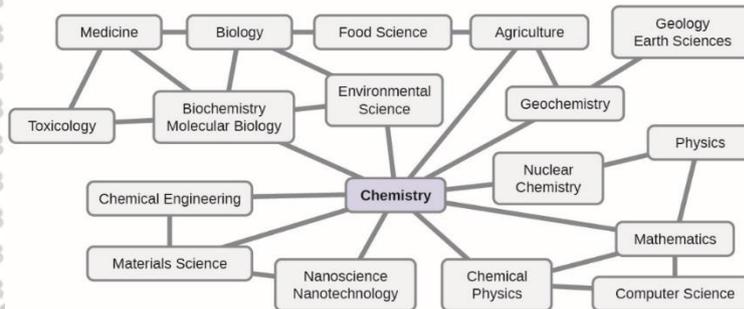
Tracking System merupakan masalah yang paling penting. Objek dari dunia nyata dan maya harus disusun dengan benar, bersamping-sampingan, dengan satu sama lain. AR biasanya mencari targetnya dengan menggunakan marker, namun tidak menutup kemungkinan bahwa terdapat SDK yang memungkinkan AR menaruh objek tanpa marker. AR yang menggunakan tracking system markerless bekerja dengan mencari lokasi via GPS (*Global Positioning System*), kompas, dan *image recognition device* (Lee, 2012).

3. *Display*

Kebanyakan display untuk AR adalah HMD (*Head Mounted Display*), seperti Microsoft HoloLens, Google Glass, dll. Tetapi AR juga dapat dilihat dengan menggunakan kamera pada smartphones.

2.7 Kimia

Sejak jaman dahulu manusia sudah berusaha untuk mengubah suatu benda menjadi benda lain yang lebih berguna. Namun dengan semakin berkembangnya ilmu pengetahuan, manusia mulai mencoba untuk mengubah komposisi dari suatu zat dan menggabungkannya dengan zat lain untuk membuat sesuatu yang berbeda. Disitulah pembelajaran kimia dimulai (Flowers, et al., 2019)



Gambar 2.3 Hubungan Kimia dengan Ilmu Pengetahuan Lain

Sumber : Flowers, et al. (2019)

Pada Gambar 2.2 dapat dilihat bahwa kimia disebut sebagai pusat dari ilmu pengetahuan karena keterikatannya terhadap bidang ilmu pengetahuan lain (Ball, 2011). Kimia merupakan ilmu yang mempelajari interaksi antara zat dan energi dalam 3 domain yang berbeda, yaitu *macroscopic domain*, *microscopic domain*, dan *symbolic domain*. *Macroscopic domain* membahas tentang dunia di sekitar kita yang dapat dirasakan, dilihat, dan disentuh. *Microscopic domain* membahas hal yang tidak terlihat karena ukurannya yang terlalu kecil. Beberapa dapat dilihat menggunakan mikroskop optic, seperti sel sel biologis. Namun untuk hal-hal yang lebih kecil lagi seperti atom dibutuhkan alat khusus untuk dapat melihatnya. Terakhir adalah *symbolic domain*. *Symbolic domain* adalah domain yang berfungsi untuk merepresentasikan makro dan mikroskopik domain. Domain tersebut merepresentasikan mikro dan makroskopik domain melalui penamaan unsur, rumus-rumus kimia, dan kalkulasi kimia sebagainya yang nantinya dapat membantu memahami, membayangkan, dan mengkalkulasi sifat dan perilaku dari kedua domain tersebut (Flowers, et al., 2019).

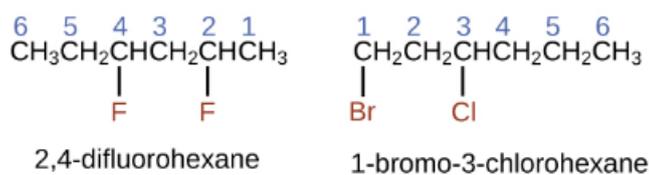
2.8 Senyawa Hidrokarbon

Senyawa hidrokarbon merupakan bagian dari senyawa karbon/organik. Senyawa organik merupakan bagian dari ilmu kimia yang mempelajari struktur, komposisi, reaksi, dari semua yang memiliki karbon, yaitu hidrokarbon, dan semua elemen yang memiliki hidrogen, nitrogen, oksigen, halogen, posfor, silikon, dan sulfur (American Chemical Society, 2019). Hidrokarbon adalah elemen yang terdiri atas hanya hidrogen dan karbon dengan rumus molekul C_xH_y , yang mana x dan y mewakili jumlah dari karbon dan hidrogen. Terdapat 2 jenis senyawa hidrokarbon, yaitu hidrokarbon jenuh, senyawa yang memiliki ikatan rantai tunggal, dan tak

jenuh, senyawa yang memiliki rangkap ikatan lebih dari satu. Senyawa yang memiliki hidrokarbon jenuh adalah senyawa alkana, sedangkan yang tak jenuh adalah alkena dan alkuna (Flowers, et al., 2019).

Senyawa hidrokarbon memiliki beberapa aturan dalam penulisan tata nama senyawanya. Aturan ini dibuat oleh *The International Union of Pure and Applied Chemistry* (IUPAC). Aturan tersebut dijelaskan secara singkat sebagai berikut:

1. Carilah rantai terpanjang pada strukturnya. Rantai terpanjang merupakan rantai utama.
2. Cari letak cabang(substituent) pada rantai tersebut dan tentukan posisi ujung rantai yang paling dekat dengan cabang.
3. Mulai susun penamaan dimulai dengan menentukan ada berapa banyak karbon pada rantai utama lalu tambahkan suffix berdasarkan jenis senyawa hidrokarbon.
4. Tambahkan prefiks pada nama tersebut berdasarkan cabang, jumlah cabang, dan nomor posisi cabang.

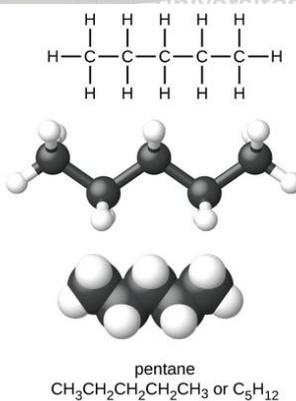


Gambar 2.4 Nomenklatur Berdasarkan IUPAC

Sumber : Flowers, et al. (2019)

2.8.1 Alkana

Alkana merupakan jenis dari hidrokarbon jenuh yang hanya memiliki ikatan kovalen tunggal antara karbon dan hidrogen. Rumus senyawa dari alkana adalah C_nH_{n+2} . Contoh dari senyawa alkana adalah C_2H_6 dengan nama Etana. Alkana selalu memiliki sudut geometri rata-rata 109.5° (Tetrahedron) (Flowers, et al., 2019).

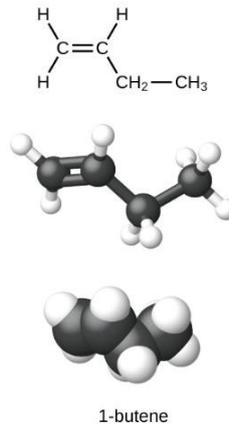


Gambar 2.5 Struktur Lewis dan Model 3D Pentana

Sumber : Flowers, et al. (2019)

2.8.2 Alkena

Alkena merupakan jenis dari hidrokarbon tak jenuh. Alkena memiliki setidaknya satu ikatan kovalen rangkap dua antara karbon dan karbon. Karena memiliki ikatan kovalen rangkap dua, maka rumus senyawa dari alkena adalah C_nH_{2n} (Abozenadah, et al., 2017). Contoh dari senyawa alkena adalah C_2H_4 dengan nama Etena. Alkena memiliki sudut geometri 120° (segitiga planar) untuk kovalen rangkap dua, dan 109.5° untuk rangkap satu (Flowers, et al., 2019).

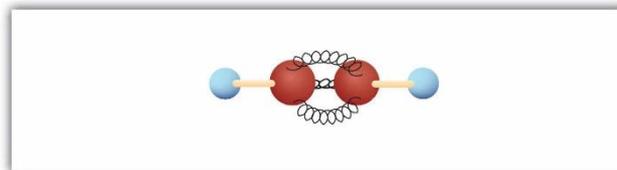


Gambar 2.6 Struktur Lewis dan Model 3D 1-Butena

Sumber : Flowers, et al. (2019)

2.8.3 Alkuna

Alkuna merupakan jenis dari hidrokarbon tak jenuh, sama seperti alkena. Alkuna memiliki setidaknya satu ikatan kovalen rangkap tiga. Karena memiliki ikatan kovalen rangkap tiga, maka rumus senyawa dari alkuna adalah C_nH_{2n-2} (Abozenadah, et al., 2017). Contoh dari senyawa alkuna adalah C_2H_2 dengan nama Etuna. Alkuna memiliki sudut geometri 180° (Linear) untuk kovalen rangkap tiga, dan sudut 109.5° untuk kovalen rangkap satu (Flowers, et al., 2019).



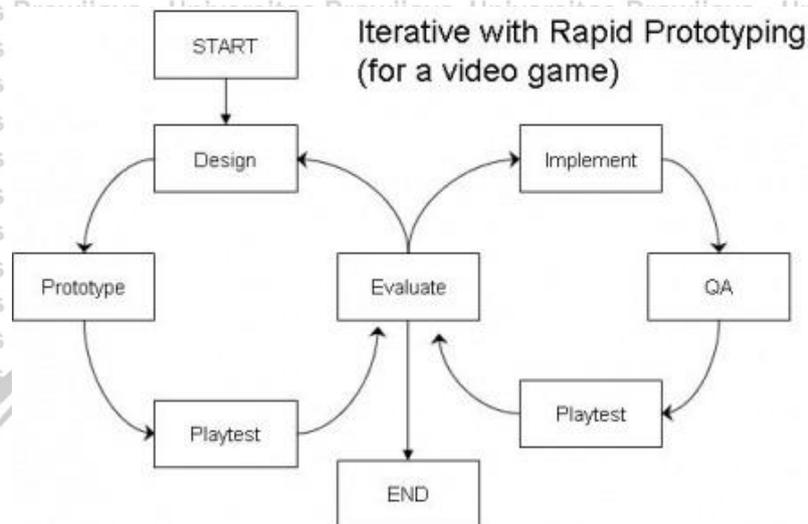
Gambar 2.7 Model 3D Etuna

Sumber : Abozenadah, et al. (2017)

2.9 Iterative and Rapid Prototyping (IRP)

IRP merupakan metode yang mana proses perancangan dan implementasi dilakukan selama beberapa siklus iterasi berdasarkan pengalaman bermain tanpa

aesthetic visual agar bisa mendapatkan *feedback* secepat mungkin (Viktorov, 2015). Proses iterasi dalam IRP dibagi menjadi dua tahap, yaitu tahap desain dan tahap implementasi. Pembagian tahap ini dibuat untuk mengurangi resiko pengembangan, sehingga mengurangi resiko suatu masalah dalam suatu tahap masuk ke dalam tahap lainnya karena akan selalu dilakukan proses evaluasi tiap suatu tahap selesai (Schreiber, 2009). Ilustrasi diagram dari IRP dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.8 Diagram *Iterative dan Rapid Prototyping*

Sumber : Schreiber (2009)

2.9.1 Tahap Perancangan

Tahap perancangan memiliki 4 proses, yaitu *Design*, *Protoype*, *Playtest*, dan yang terakhir adalah *Evaluate*. Di dalam tahap perancangan, dilakukan perencanaan untuk segala aspek dari gim, mulai dari *gameplay*, desain level, sampai ke performa dan kode untuk gim yang akan dibuat. Setelah itu, dilakukan lah *prototyping* dengan asset yang sederhana (Viktorov, 2015). Terakhir, *playtest* pun dilakukan untuk mengevaluasi apakah hasil yang diinginkan sudah tercapai.

2.9.2 Tahap Implementasi

Tahap implementasi akan dilakukan setelah iterasi pada tahap perancangan selesai dan hasil evaluasi yang diinginkan telah tercapai. Setelah itu, gim akan diimplementasikan dan akan dilakukan *playtest* untuk menentukan apakah hasil implementasi dari gim sudah cukup, jika belum, maka iterasi akan diulang lagi ke tahap implementasi.

2.10 Pengujian Fungsionalitas (*Black box Testing*)

Pengujian perangkat lunak adalah prosedur untuk mengetahui kesalahan atau kekurangan dalam suatu *code* pada sistem dengan tujuan utama sebagai penjamin kualitas, validasi, verifikasi, dan estimasi kelayakan (Ehmer dan Khan, 2012). Pengujian fungsionalitas atau *black box testing* merupakan salah satu dari

teknik pengujian yang menguji dari serangkaian tes (*test case*) untuk menguji sistem tanpa melihat dari aspek internal suatu sistem. Pengujian fungsionalitas dilihat dari mata pengguna yang hanya tau input dan prediksi kemungkinan output (Nidhra,2012). Beberapa kelebihan dari pengujian fungsionalitas adalah pengujian *test case* lebih cepat, efisien untuk *code* yang banyak, dan hasil *test case* yang didapat merupakan prespektif baru dari kalangan pengguna (Ehmer dan Khan , 2012).

2.11 Game Experience Questionnaire (GEQ)

Gim telah menjadi bentuk hiburan dan media edukasi yang efektif, maka pengembangan kuesioner menjadi penting untuk mendapatkan umpan balik dari gim yang telah dimainkan (Poels, et al., 2007). GEQ merupakan kuesioner yang melakukan pendekatan sisi psikologi manusia melalui perspektif *usability* untuk menjabarkan pengalaman pribadi, perasaan-perasaan subjektif pemain, serta emosi dalam aspek-aspek yang ada di dalam sebuah gim (Norman, 2013). Dari hasil kuesioner tersebut, dapat dilihat apakah pemain akan tetap bermain gimnya, merekomendasikannya, ataupun merasa tidak nyaman dan berhenti memainkannya (Poels, et al., 2007). GEQ memiliki 3 struktur modular (Poels, et al., 2007), yaitu:

1. The Core Questionnaire (GEQ)

Core Questionnaire berisi komponen-komponen dari pengalaman bermain pemain. Komponen tersebut harus memiliki 7 jenis komponen, yaitu pendalaman dalam bermain (*immersion*), tensi (*tension*), kompetensi dalam bermain (*competence*), alur (*flow*), pengaruh negatif, pengaruh positif, dan tantangan (*challenge*). Modul ini dilakukan untuk mengetahui pengalaman pemain dalam sesi bermain permainan.

2. The Social Presence Module (SPGQ)

SPGQ mengambil pengalaman bermain pemain terhadap orang lain yang berada pada gim yang sama, entah melalui internet secara daring, maupun luring. SPGQ hanya dilakukan pada gim yang memiliki fitur *co-op*. Modul SPGQ harus memiliki 3 komponen, yaitu empati, perasaan negatif, dan perilaku keterikatan. Modul ini untuk mengetahui pengalaman pemain dari sisi sosial saat bermain, dan merupakan modul yang opsional (Poels, et al, 2007).

3. The Post-Game Questionnaire (PGQ)

PQC mengambil pengalaman, perasaan, dan efek pada pemain setelah sesi permainan berakhir. PGQ harus memiliki 4 komponen, yaitu pengalaman positif, pengalaman negatif, kelelahan (*tiredness*), dan perasaan kembali kepada realita (*Returning to Reality*). Modul ini dilakukan untuk mengetahui perasaan pemain setelah sesi bermain selesai.

2.12 Perangkat Pengembangan Aplikasi

2.12.1 Unity

Unity merupakan *cross-platform game engine* yang mendukung grafis 2D dan 3D, fungsi untuk *drag and drop*, dan *scripting* menggunakan bahasa pemrograman C#. Dengan berbagai teknologi seperti grafis, audio, *physics*, *interaction*, dan *networking*. *Game engine* ini dapat diunduh di halaman resmi Unity, yaitu <https://unity3d.com/get-unity/download>.

2.12.2 Android

Android merupakan sistem operasi perangkat bergerak yang menggunakan Linux sebagai kernelnya. Android menggunakan Java sebagai Bahasa pemrogramannya dan dijalankan menggunakan Dalvik Virtual Machine. Dapat dilihat pada gambar 2.1 di bawah bahwa Android memiliki 4 lapisan layer dengan 5 segment, yaitu lapisan Linux kernel, lapisan library, lapisan framework aplikasi, dan yang terakhir lapisan aplikasi.

2.12.3 Vuforia SDK

Vuforia merupakan *Software Development Kit (SDK)* untuk smartphones yang memungkinkan pengembangan aplikasi *Augmented Reality*. Vuforia menggunakan teknologi Computer Vision untuk mengenali marker dan objek 3D yang simple dalam *real-time*. Sebelum virtual objek ditampilkan, tracker akan mencari posisi dan orientasi gambar di *real-time* sehingga prespektif user akan sama dengan marker.

Vuforia SDK memiliki kemampuan mengenali objek dengan menggunakan *computer vision*. Fitur-fitur tersebut adalah:

1. *Image Targets*
2. *Multi Targets*
3. *Cylinder Targets*
4. *Frame markers*
5. *Text Recognition*
6. *Object Recognition*
7. *Smart Terrain*

Vuforia menyediakan berbagai macam *tools* untuk membuat marker dan mengatur *database marker*. Beberapa *tools* tersebut adalah Vuforia *Object Scanner* yang digunakan untuk menampilkan objek 3D di atas *marker*. Selain itu terdapat juga target *manager* yang digunakan untuk mengatur *database marker*.

SDK ini dapat diunduh di halaman resmi Vuforia, yaitu <https://developer.vuforia.com/downloads/sdk>.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini membahas tentang metodologi yang digunakan dalam penelitian implementatif ini serta menjelaskan metode pengembangan gim yang akan dibangun.

3.1 Tipe Penelitian

Tipe penelitian penelitian yang berjudul “Pengembangan Permainan Edukasi Berbasis Augmented Reality Untuk Pembelajaran Senyawa Hidrokarbon bagi Siswa Sekolah Menengah Atas (SMA)” adalah perancangan implementatif.

3.2 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan tujuan untuk lebih memantapkan pengetahuan dalam merealisasikan tujuan dan pemecahan masalah dalam penelitian ini. Sumber atau referensi yang digunakan sebagai penunjang dan pendukung penelitian ini antara lain buku, jurnal, laporan penelitian, maupun website resmi. Teori yang akan dipelajari adalah sebagai berikut.

1. Rancangan *gim* sebagai media edukasi
2. Perancangan gim menggunakan IRP
3. Merancang desain gim menggunakan *framework* MDA
4. Teori senyawa hidrokarbon
5. Kurikulum kimia untuk siswa SMA

3.3 Partisipan dan Lokasi Penelitian

Partisipan untuk penelitian ini adalah siswa SMA dari semua jenis kelamin dan karakteristik yang pernah atau sedang belajar mengenai materi senyawa hidrokarbon di kimia. Lokasi dari penelitian adalah pada tempat bimbingan belajar TC Club di jalan JL H. Wahab 1, No. 23 RT 007 RW 03, Jatibening Baru, Pondok Gede, Bekasi, Jawa Barat.

3.4 Metode Pengumpulan Data

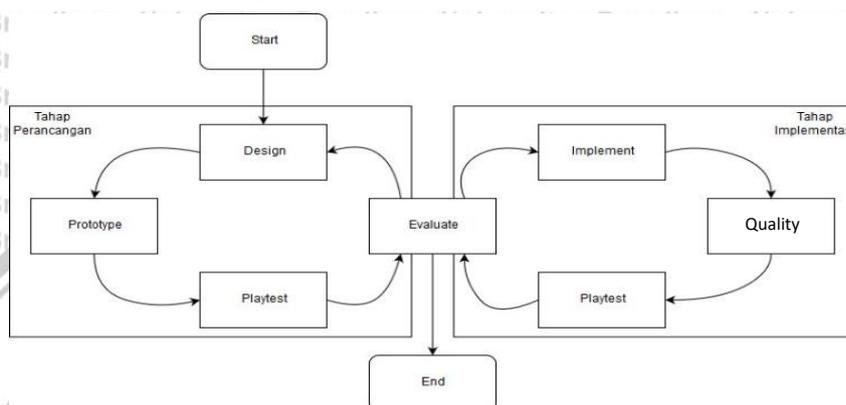
Pengumpulan data dilakukan menggunakan metode kuesioner dan wawancara. Pengumpulan data untuk analisis kebutuhan digunakan dengan menggunakan metode wawancara dengan guru kimia, serta untuk pengujian dilakukan dengan metode kuesioner.

3.5 Metode Analisis Data

Analisis data untuk membuat rancangan analisis kebutuhan dilakukan dengan *framework* MDA. Analisis data untuk evaluasi implementasi adalah menggunakan metode *Game Experience Questionnaire* (GEQ).

3.6 Pengembangan

Tahap pengembangan dilakukan dengan metode IRP yang terbagi menjadi 2 tahap, yaitu tahap perancangan dan tahap implementasi. Pada masing-masing tahap akan dilakukan iterasi sampai hasil evaluasi yang tepat sudah tercapai. Alur pengembangan gim dapat dilihat pada diagram penelitian pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi Penelitian

3.6.1 Tahap Perancangan

Tahap perancangan memiliki 4 proses dalam 1 kali iterasi, yaitu proses desain, prototype, playtest, dan selanjutnya evaluasi. Berikut adalah penjelasan mengenai masing-masing proses pada tahap perancangan.

1. Design

Pada proses ini akan dilakukan perancangan alur gim secara umum yang ditanyakan melalui wawancara dengan guru kimia mengenai pengalaman mengajar senyawa hidrokarbon dan materi yang tepat untuk dimasukkan ke dalam gim secara daring.

2. Prototype

Setelah proses desain selesai, maka akan dilakukan pembuatan *prototype* untuk menguji soal-soal yang telah dibuat sebelumnya. Proses *prototype* akan dilakukan dengan menggunakan *paper prototype* dengan membuat kertas besar berisikan soal, dan kertas-kertas kecil yang berisi jawaban.

3. Playtest

Proses *playtest* akan digunakan untuk menguji *prototype* yang telah dibuat pada proses sebelumnya. Proses ini dilakukan untuk melihat bagaimana interaksi pemain dengan *prototype* dalam gim tersebut. Proses *prototype* akan dimainkan

dan diujikan kepada siswa SMA secara luring untuk diobservasi pengalaman bermainnya. Proses *playtest* tidak dilakukan kepada tenaga pengajar kimia karena target audiens dari permainan merupakan siswa SMA.

4. Evaluasi

Proses evaluasi dilakukan berdasarkan hasil dari proses *playtest* sebelumnya. Proses ini dilakukan untuk menganalisa pengalaman yang dirasakan pemain saat memainkan gim tersebut. Proses ini adalah akhir dari iterasi tahap perancangan sebelum melanjutkan ke tahap implementasi, atau mengulang lagi ke proses desain jika masih ada hasil yang perlu diperbaiki.

3.6.2 Tahap Implementasi

Tahap Implementasi dilakukan setelah tahap perancangan selesai dan hasil evaluasi yang diinginkan telah tercapai. Terdapat 4 proses didalam tahap ini. Berikut adalah penjelasan mengenai masing-masing proses pada tahap implementasi:

1. Implement

Implementasi dilakukan dengan menggunakan Bahasa pemrograman C# dan Vuforia SDK. Implementasi dilakukan dengan mengikuti rules dan desain serta kebutuhan fungsional pada tahap perancangan.

2. Quality Assurance

Quality Assurance merupakan proses yang mana dilakukan pengujian kelayakan terhadap *gim* yang telah diimplementasikan sebelumnya. Sisi yang akan diuji adalah mekanik dan fungsionalitas yang telah diterapkan sebelumnya menggunakan *black box testing*.

3. Playtest

Tahap *playtest* merupakan proses yang mana gim ini akan dipresentasikan kepada siswa SMA untuk dimainkan. *Playtest* akan dilakukan dengan melakukan pengujian *Game Experience Questionnaire* (GEQ). Hasil yang didapat dan dicatat untuk kemudian di evaluasi.

4. Evaluasi

Proses evaluasi dilakukan berdasarkan hasil dari proses *playtest* sebelumnya. Proses ini adalah akhir dari iterasi tahap implementasi. Hasil dari evaluasi menentukan apakah perlu dilakukan iterasi selanjutnya atau pengembangan gim sudah selesai.

3.7 Pengambilan Kesimpulan dan Saran

Pengambilan kesimpulan dan saran dapat dilakukan setelah iterasi pengembangan selesai. Pengambilan kesimpulan digunakan untuk menjawab rumusan masalah, dan saran akan diambil pada saat melakukan evaluasi sebagai saran untuk penelitian selanjutnya dan untuk menunjukkan kekurangan pada penelitian ini.

BAB 4 PERANCANGAN

4.1 Iterasi Pertama

Pada iterasi pertama akan diinsialisasikan terlebih dahulu elemen-elemen formal dalam gim ini beserta *rules* didalamnya, lalu akan dibuat *paper prototyping* dari *rules* yang telah didefinisikan. *Paper prototyping* akan dibuat menggunakan kertas A4 yang dibagi menjadi empat bagian, dan pada tiap bagiannya terdapat rumus senyawa alkana yang harus diubah bentuknya menjadi bentuk geometri senyawa tersebut. Terdapat juga beberapa potongan kertas dengan elemen H (Hidrogen) untuk mensimulasikan *gameplay* dengan AR. Iterasi dilakukan untuk merancang dan menguji rancangan. Lalu hasil uji dari rancangan tersebut akan dicatat pada proses evaluasi. Jika proses evaluasi dari tahap ini telah menghasilkan hasil yang diinginkan, maka akan dilanjutkan ke tahap selanjutnya, yaitu tahap implementasi.

4.1.1 Proses Desain

Pada proses ini akan dirancang deskripsi utama serta inialisasi pada 9 elemen formal dalam gim. Elemen formal dalam gim dibutuhkan untuk membuat dan menganalisa struktur gim sehingga hubungan antara masing-masing elemen dalam gim menjadi jelas.

1. Deskripsi gim

Gim ini merupakan gim yang ditujukan untuk membuat pemain menjadi lebih tertarik kepada pembelajaran kimia, serta dapat meningkatkan pemahaman mengenai topik yang disediakan di dalam gim ini. Gim ini memiliki *genre puzzle*, yang mana pemain akan diberikan pertanyaan seputar topik yang dipilih, lalu pemain akan menjawab dalam bentuk penyusunan bentuk molekul. Di dalam gim ini juga terdapat penjelasan, jadi pemain dapat belajar sebelum memulai *puzzle* tersebut. Tabel 4.1 menunjukkan gambaran umum mengenai gim ini.

Tabel 4.1 Gambaran umum permainan

No	Elemen	Keterangan
1.	Judul Gim	"Belajar Hidrokarbon, yuk!"
2.	Platform	Android
3.	Target Usia	15 – 20 Tahun
4.	Rating ESRB	E (Everyone)
5.	Genre	Puzzle
6.	Unique Selling Point (USP)	1. Menggunakan teknologi AR. 2. Media pembelajaran yang tidak konvensional dan interaktif secara digital.

2. Themes

Tema dalam gim ini adalah pembelajaran pelajaran kimia melalui gim puzzle. Materi yang akan dibahas pada gim ini adalah senyawa hidrokarbon, yaitu penyusunan struktur pada rumus senyawa alkana, alkena, dan alkuna.

3. Players

Hanya terdapat satu pemain dalam gim ini. Pemain tersebut harus melawan waktu untuk menyusun struktur molekul yang tidak lengkap sehingga menjadi struktur molekul yang benar.

4. Goals

Hanya terdapat satu *goals* pada gim ini, yaitu untuk melengkapi struktur molekul utama berdasarkan rumus senyawa yang ditampilkan. Pemain harus menyelesaikan struktur molekul tersebut di dalam waktu yang ditentukan.

5. Resources dan Resource Management

Sumber daya yang dapat pemain akses pada gim ini adalah unsur yang dapat digunakan untuk menyusun senyawa (hidrogen dan karbon), serta ikatan kovalen antar unsur.

6. Game State

Game state yang disimpan pada gim ini adalah desain soal level, level mana yang sudah dikerjakan, dan waktu yang pemain capai saat menyelesaikan satu level permainan.

7. Information

Informasi yang terdapat pada gim ini adalah level mana yang telah pemain selesaikan, waktu yang pemain capai saat menyelesaikan satu level permainan, serta materi yang dapat pemain baca sebelum bermain.

8. Sequencing

Karena gim ini hanya memiliki satu pemain, maka *sequencing* yang terdapat pada gim ini hanya perpindahan antar halaman utama dan halaman bermain (*playspace*), serta halaman untuk melihat senyawa yang telah dibuat menjadi 3D dengan AR. Pada halaman bermain tersebut terjadi perpindahan antar level yang terjadi setelah pemain berhasil, atau gagal, menyelesaikan level tersebut.

9. Player Interaction

Karena gim ini hanya memiliki satu pemain, maka tidak ada interaksi antar pemain. Hanya terdapat interaksi dari pemain dengan gim lewat level yang dikerjakan.

10. Rules

Rules yang akan diterapkan didalam *paper prototype* untuk iterasi pertama dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Rules iterasi pertama

Tahap permainan	Rules
<p><i>Setup</i></p>	<p>Empat soal pertanyaan mengenai senyawa alkana dan turunannya akan ditanyakan. Soal tersebut adalah :</p> <ol style="list-style-type: none"> Senyawa alkana, yaitu "CH_4" Senyawa alkana, yaitu "CH_3OH" Senyawa alkana, yaitu "Metil Klorida" Senyawa alkana, yaitu "Dimetil Eter" <p>Beberapa kertas dengan lambang unsur C, H, O, dan Cl akan disiapkan.</p> <p>Timer untuk menghitung waktu bermain selama 60 detik per soal.</p>
<p><i>Progression of Play</i></p>	<p>Pada soal pertama dan kedua, pemain harus membuat struktur molekul dari rumus senyawa yang disediakan.</p> <p>Pada soal ketiga dan keempat, pemain harus membuat struktur molekul dari nama senyawa yang disediakan.</p> <p>Jika pemain menjawab dengan salah, maka waktu untuk soal berikutnya akan dikurangi.</p> <p>Jika pemain menjawab dengan benar, maka akan dilanjutkan ke level selanjutnya.</p>
<p><i>Resolution</i></p>	<p>Gim akan berakhir jika pemain menjawab dengan benar ataupun salah.</p>

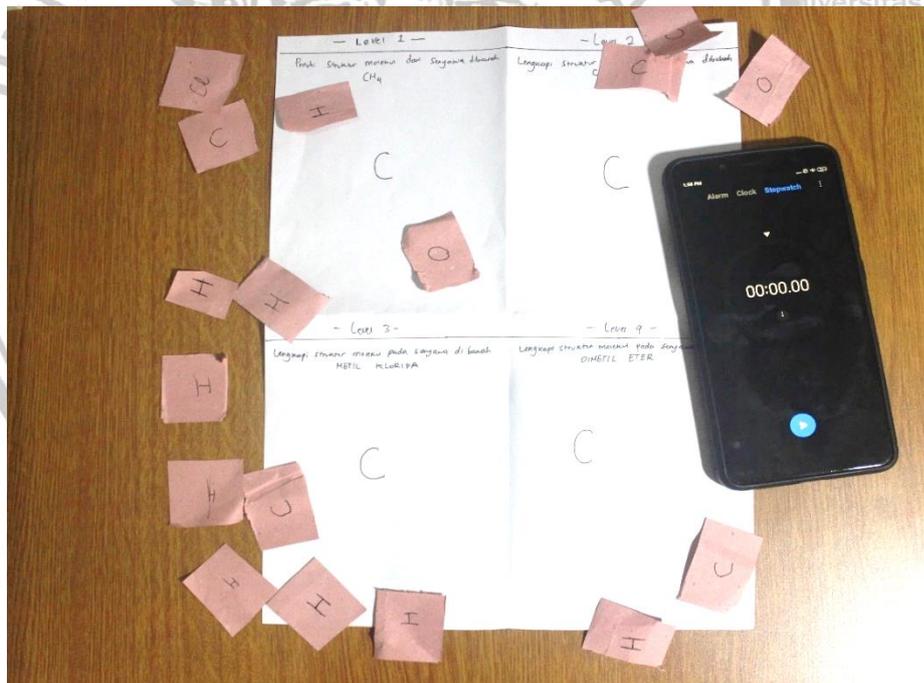
4.1.2 Proses Prototype, Playtest, dan Evaluasi

Terdapat 4 pertanyaan yang tujuannya agar pemain dapat membuat struktur molekul dari senyawa yang ditanyakan. Pertanyaan pertama dan kedua, pemain diberikan pertanyaan dalam bentuk rumus senyawa, yaitu " CH_4 " dan " CH_3OH ". Kedua pertanyaan tersebut merupakan senyawa alkana dan turunannya. " CH_4 " merupakan metana, sedangkan " CH_3OH " merupakan methanol, turunan alkana yang bernama alkanol/alkohol. Pertanyaan ketiga dan keempat diberikan dalam bentuk nama senyawa, sehingga pemain harus mencari rumus senyawa dari pertanyaan tersebut. Masing-masing pertanyaan memiliki batas waktu 90 detik untuk menjawab pertanyaan. Jika pemain salah dalam menjawab pertanyaan, maka pada soal selanjutnya waktu pemain akan dikurangi. Namun, jika pemain gagal untuk menjawab soal seutuhnya maka permainan akan

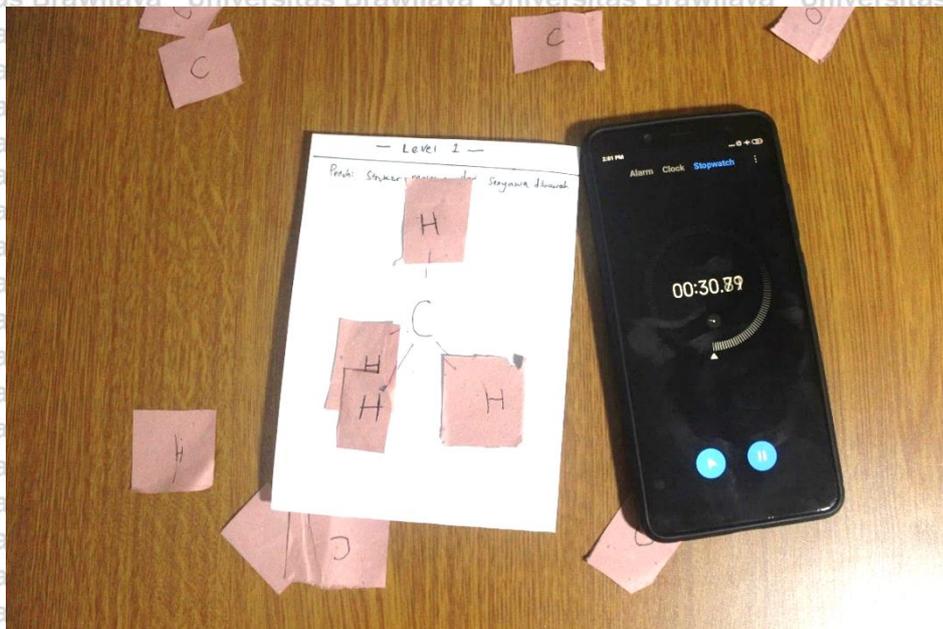
diakhiri. Langkah yang pemain ambil pada *playtest* dari *prototyping* terdapat pada Tabel 4.3 dengan foto *paper prototype* pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.2.

Tabel 4.3 Langkah yang Diambil Pemain Pada Iterasi Pertama

No	Langkah Pemain
1.	Pemain mendengarkan instruksi
2.	Pemain menunggu <i>timer</i> dijalankan
3.	Pemain membaca soal
4.	Pemain mencoba mengerjakan soal di atas kertas lain terlebih dahulu
5.	Pemain mengkonfirmasi kembali cara menjawab soal
6.	Pemain mulai meletakkan kertas kecil berisikan unsur atau senyawa untuk melengkapi struktur dari soal yang sedang dikerjakan
7.	Pemain mematikan <i>timer</i> untuk melihat berapa waktu yang telah pemain gunakan untuk mengerjakan level tersebut.



Gambar 4.1 Paper Prototype Iterasi Pertama – Keseluruhan Soal



Gambar 4.2 Paper Prototype Iterasi Pertama – Penyelesaian Soal

Hasil dari playtest yang dilakukan menunjukkan bahwa masih butuh pengembangan pada pertanyaan yang diberikan karena pertanyaan masih terlalu luas cakupannya. Pertanyaan yang memiliki unsur lain selain hidrogen, karbon, dan oksigen juga dihilangkan untuk membuat pemain semakin lebih fokus hanya kepada senyawa hidrokarbon dan nomenklatur berdasarkan sistem IUPAC. Selain itu, akan ditambahkan pula sistem *reward* berupa bintang yang akan diterima pemain berdasarkan sisa waktu yang dimiliki pemain setelah permainan berakhir. Hasil dari iterasi pertama akan dimasukkan ke dalam tabel MDA pada Tabel 4.4 untuk memudahkan evaluasi.

Tabel 4.4 Hasil *playtest* iterasi pertama

<i>Aesthetics</i>	Pemain merasa soal masih terlalu luas cakupannya.
<i>Dynamics</i>	Soal 1 dikerjakan dengan waktu 30 detik Soal 2 dikerjakan dengan waktu 25 detik Soal 3 dikerjakan dengan waktu 40 detik Soal 4 dikerjakan dengan waktu 55 detik Pemain mengerjakan 3 dari 4 soal dengan benar
<i>Mechanics</i>	Dua pertanyaan terakhir akan digantikan dengan pertanyaan mengenai nomenklatur hidrokarbon berdasarkan sistem IUPAC. Ditambahkan sistem reward berupa bintang.

4.2 Iterasi Kedua

Iterasi pertama berakhir pada tahap perancangan karena hasil dari evaluasi belum mencukupi untuk melanjutkan ke tahap implementasi. Pada iterasi kedua tahap perancangan elemen formal dasar di dalam gim akan tetap sama, namun akan ditambahkan jenis soal yang lebih kompleks serta soal yang memiliki unsur selain hidrogen, oksigen, dan karbon akan dihilangkan. Selain itu, akan ditambahkan soal mengenai tata cara penamaan senyawa berdasarkan aturan IUPAC yaitu “2 – metil pentana” dan “5 – etil – 2,2 dimetil heptana”. Waktu per soal juga ditambahkan seiring dengan bertambahnya tingkat kesulitan soal.

4.2.1 Proses Desain

Berdasarkan hasil evaluasi pada iterasi pertama diketahui bahwa perlu ada perubahan pada *game state*, dan *information* dikarenakan terdapat penambahan mekanik, yaitu sistem reward/skor, yang juga akan berpengaruh terhadap *rules*.

1. *Game State*

Game state yang disimpan pada gim ini adalah desain soal level, level mana yang sudah dikerjakan, waktu yang pemain capai saat menyelesaikan satu level permainan, dan skor pemain berupa bintang dalam skala 1 – 3 bintang.

2. *Information*

Informasi yang terdapat pada gim ini adalah level mana yang telah pemain selesaikan, waktu yang pemain capai saat menyelesaikan satu level permainan, materi yang dapat pemain baca sebelum bermain, serta skor pemain berupa bintang dalam skala 1 – 3 bintang.

3. *Rules*

Rules yang akan diterapkan didalam *paper prototype* untuk iterasi kedua dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 *Rules* iterasi kedua

Tahap permainan	<i>Rules</i>
<i>Setup</i>	Empat soal pertanyaan mengenai senyawa alkana dan turunannya akan ditanyakan. Soal tersebut adalah sebagai berikut ; a. Senyawa alkana, yaitu “CH ₄ ” b. Senyawa alkana, yaitu “CH ₃ OH” c. Senyawa alkana, yaitu “2 – metil pentana” d. Senyawa alkana, yaitu “5 – etil – 2,2 dimetil heptana” Beberapa kertas kecil dengan lambang unsur C, H, dan O akan disiapkan.

	<p>Tiga kertas kecil dengan gambar bintang.</p> <p>Timer 60 detik untuk menghitung waktu bermain soal pertama dan kedua.</p> <p>Timer 90 detik untuk menghitung waktu bermain soal ketiga dan keempat.</p>
<i>Progression of Play</i>	<p>Pada soal pertama dan kedua, pemain harus membuat struktur molekul dari rumus senyawa yang disediakan.</p> <p>2. Pada soal ketiga dan keempat, pemain harus membuat struktur molekul dari nama senyawa yang disediakan.</p> <p>3. Jika pemain menjawab dengan salah, maka waktu untuk soal akan dikurangi dan waktu soal berikutnya akan dikurangi sebagai sistem <i>punishment</i>.</p> <p>4. Jika pemain menjawab dengan benar, maka akan dilanjutkan ke level selanjutnya.</p> <p>5. Pemain akan mendapat bintang dengan ketentuan :</p> <ol style="list-style-type: none"> Mendapatkan bintang satu jika sisa waktu dibawah jumlah waktu soal dibagi 3. Mendapatkan bintang dua jika sisa waktu di bawah jumlah waktu soal dibagi 2 dan di atas jumlah waktu soal dibagi 3. Mendapatkan bintang tiga jika sisa waktu di bawah jumlah waktu soal dan di atas jumlah waktu soal dibagi 2.
<i>Resolution</i>	<p>Gim akan berakhir jika pemain menjawab dengan benar ataupun salah.</p>

4.2.2 Prototype, Playtest, dan Evaluasi

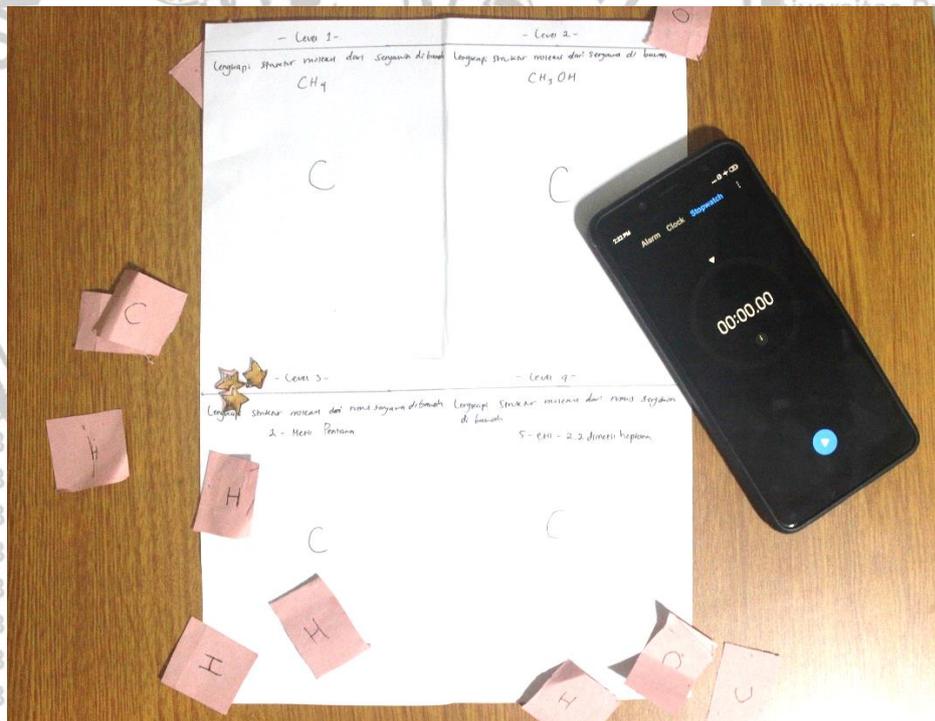
Terdapat 2 pertanyaan yang berbeda dari iterasi pertama. “Metil Klorida” dan “Dimetil Eter” digantikan dengan “2 – metil pentana” dan “5 – etil – 2,2 dimetil heptana” untuk lebih membuat pemain fokus pada materi hidrokarbon dan nomenklaturinya. Karena berfokus pada nomenklatur IUPAC, soal dengan tipe tersebut akan memiliki kertas kecil untuk jawaban dengan senyawa yang sudah disingkat, yaitu CH₂ dan CH₃, untuk mempermudah dan mempersingkat jawaban dari pemain.

Pemain memiliki batas waktu yang ditambah seiring dengan tingkat kesulitan soal. Soal pertama dan kedua tetap memiliki batas waktu 60 detik, sedangkan soal ketiga dan keempat menjadi 90 detik. Jika pemain salah dalam menjawab pertanyaan, maka pada soal selanjutnya waktu pemain akan dikurangi dan pada soal ini waktu juga dikurangi. Namun, jika pemain gagal untuk menjawab soal seutuhnya maka permainan akan diakhiri. Pemain akan diberikan bintang

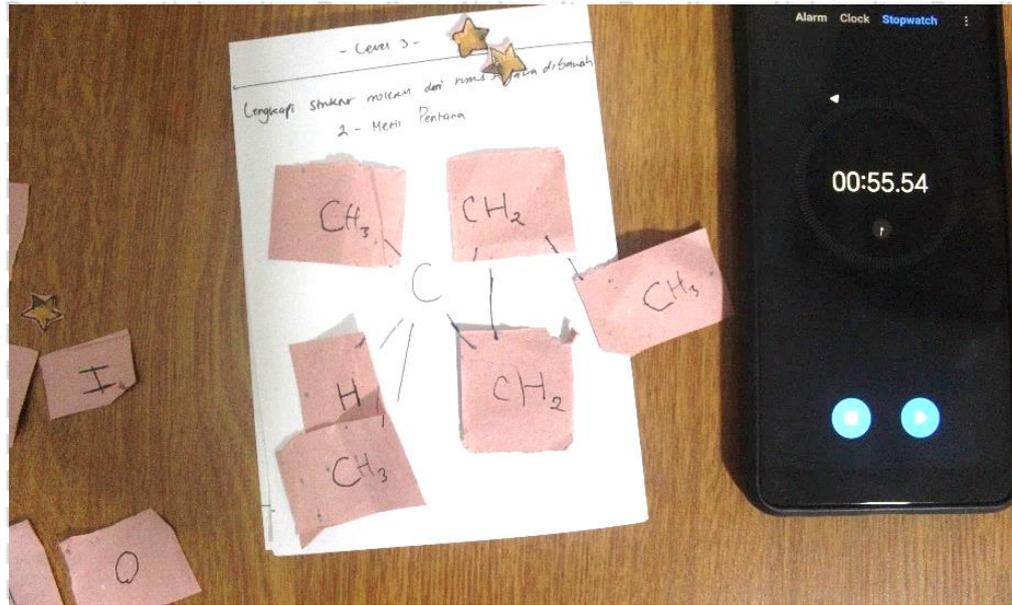
berdasarkan kalkulasi total jumlah sisa waktu dibagi 3, 2, dan 1. Langkah yang pemain ambil pada *playtest* dari *prototyping* terdapat pada Tabel 4.6 dengan foto *paper prototype* pada Gambar 4.3 dan Gambar 4.4.

Tabel 4.6 Langkah yang Diambil Pemain Pada Iterasi Kedua

No	Langkah Pemain
1.	Pemain mendengarkan instruksi
2.	Pemain menunggu <i>timer</i> dijalankan
3.	Pemain membaca soal
4.	Pemain mencoba mengerjakan soal di atas kertas lain terlebih dahulu
5.	Pemain mengkonfirmasi kembali cara menjawab soal
6.	Pemain mulai meletakkan kertas kecil berisikan unsur atau senyawa untuk melengkapi struktur dari soal yang sedang dikerjakan
7.	Pemain mematikan <i>timer</i> untuk melihat berapa waktu yang telah pemain gunakan untuk mengerjakan level tersebut.



Gambar 4.3 *Paper Prototype* Iterasi Kedua – Keseluruhan Soal



Gambar 4.4 Paper Prototype Iterasi Kedua – Penyelesaian Soal

Hasil dari playtest yang dilakukan pada iterasi kedua menunjukkan bahwa pemain telah *familiar* mengenai bagaimana cara menjawab pertanyaan dalam level gim, tetapi pemain masih merasa perlunya dilakukan perubahan atas pertanyaan agar lebih berfokus pada semua jenis senyawa hidrokarbon. Selain itu, pemain merasa kesulitan untuk menyusun struktur jika kertas yang disediakan hanya pada skala unsur individual. Pemain juga merasa keberatan atas pengurangan waktu yang disebabkan oleh salahnya pemain saat menjawab soal dan mengurangi motivasi pemain untuk mengulang soal untuk mendapatkan tambahan waktu. Hasil dari iterasi kedua akan dimasukkan ke dalam tabel MDA pada Tabel 4.7 untuk memudahkan evaluasi.

Tabel 4.7 Hasil *playtest* iterasi kedua

<p><i>Aesthetics</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pemain merasa sudah gim sudah cukup menarik dan menantang, tetapi pemain menyarankan perubahan soal agar soal lebih relevan dengan semua jenis hidrokarbon (alkana, alkena, dan alkuna). 2. Pemain sudah merasa <i>familiar</i> dengan cara bermainnya. 3. Pemain merasa kesulitan untuk memenuhi waktu yang ditentukan karena menggerakkan unsur satu-persatu memakan waktu cukup lama. 4. Pemain merasa kurang nyaman dan motivasi pemain berkurang karena aturan pengurangan waktu jika jawaban salah.
<p><i>Dynamics</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Soal 1 dikerjakan dengan waktu 29 detik, mendapatkan bintang 2.

	<ol style="list-style-type: none"> Soal 2 dikerjakan dengan waktu 23 detik, mendapatkan bintang 2. Soal 3 dikerjakan dengan waktu 120 detik, tidak mendapatkan bintang. Soal 4 dikerjakan dengan waktu 180 detik, tidak mendapatkan bintang. Pemain mengerjakan 3 dari 4 soal dengan benar
<i>Mechanics</i>	<ol style="list-style-type: none"> Tiga soal mengenai semua jenis hidrokarbon akan ditanyakan, serta soal tambahan berdasarkan nomenklatur IUPAC. Disediakan kertas kosong untuk pemain mengisi dan menyusun jawaban dengan bebas. Sistem <i>punishment</i> dalam permainan akan dihilangkan. Waktu akan dihitung maju, tidak dihitung mundur lagi.

4.3 Iterasi Ketiga

Iterasi ketiga berakhir pada tahap perancangan karena hasil dari evaluasi masih belum mencukupi untuk melanjutkan ke tahap implementasi. Pada iterasi ketiga tahap perancangan elemen formal dasar di dalam gim akan tetap sama, namun akan ditambahkan jenis soal yang lebih relevan, serta soal yang memiliki unsur oksigen akan dihilangkan. Selain itu, akan ditambahkan soal mengenai senyawa alkena dan alkuna.

4.3.1 Proses Desain

Berdasarkan hasil evaluasi pada iterasi kedua, diketahui bahwa hanya akan dilakukan perubahan pada *rules* paper prototyping saja.

1. Rules

Rules yang akan diterapkan didalam *paper prototype* untuk iterasi ketiga dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Rules iterasi ketiga

Tahap permainan	Rules
<i>Setup</i>	<ol style="list-style-type: none"> Empat pertanyaan mengenai senyawa alkana, alkena, dan alkuna akan disajikan. Berikut 4 soal yang akan ditanyakan : <ol style="list-style-type: none"> Senyawa alkana, yaitu "C_3H_8 : Propana" Senyawa alkena, yaitu "C_3H_6 : Propena"

	<p>c. Senyawa alkuna, yaitu “C_4H_6 : 2 – Butuna”</p> <p>d. Senyawa alkana berdasarkan nomenklatur IUPAC, yaitu “3 – etil 2 – metil pentana”</p> <p>2. Beberapa kertas kecil yang mana pemain dapat menuliskan sendiri jawaban yang nantinya akan dihubungkan dengan soal.</p> <p>3. Tiga kertas kecil dengan gambar bintang.</p> <p>4. Waktu 240 detik untuk menghitung waktu bermain seluruh soal.</p>
<i>Progression of Play</i>	<p>1. Pada semua soal pemain harus membuat struktur molekul dari rumus senyawa yang disediakan.</p> <p>2. Pemain akan mendapat bintang dengan ketentuan :</p> <p>a. Mendapatkan bintang satu jika waktu pemain di atas jumlah waktu soal dibagi 2 dan di bawah jumlah total waktu soal.</p> <p>b. Mendapatkan bintang dua jika waktu pemain di atas jumlah waktu soal dibagi 3 dan di bawah jumlah waktu soal dibagi 2.</p> <p>c. Mendapatkan bintang tiga jika waktu pemain di bawah jumlah waktu soal dibagi 3.</p> <p>3. Jika pemain menjawab dengan benar, maka akan dilanjutkan ke level selanjutnya.</p>
<i>Resolution</i>	<p>Gim akan berakhir jika pemain menjawab dengan benar ataupun salah.</p>

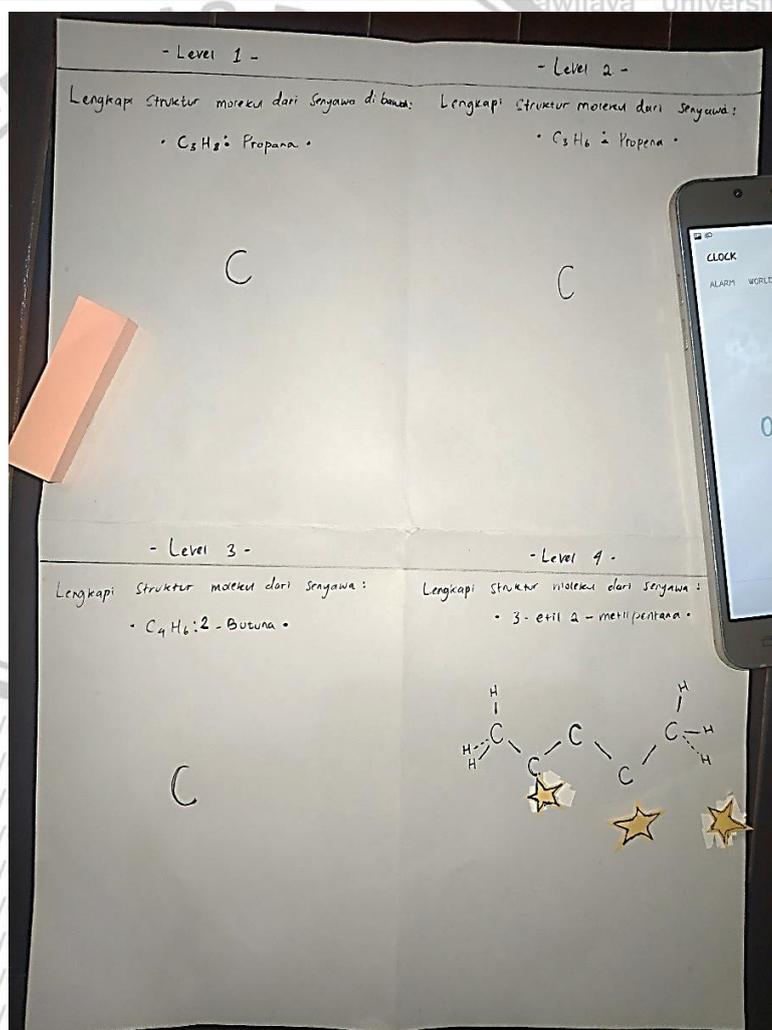
4.3.2 Prototype, Playtest, dan Evaluasi

Terdapat hanya 1 pertanyaan yang tetap digunakan dari iterasi sebelumnya, yaitu “2 – metil pentana” sedangkan 3 pertanyaan lagi masing-masing adalah pertanyaan yang mewakili semua jenis hidrokarbon, yaitu C_3H_8 untuk alkana, C_2H_4 untuk alkena, dan C_4H_6 untuk alkuna agar pertanyaan lebih relevan dan lebih berfokus pada materi hidrokarbon saja.

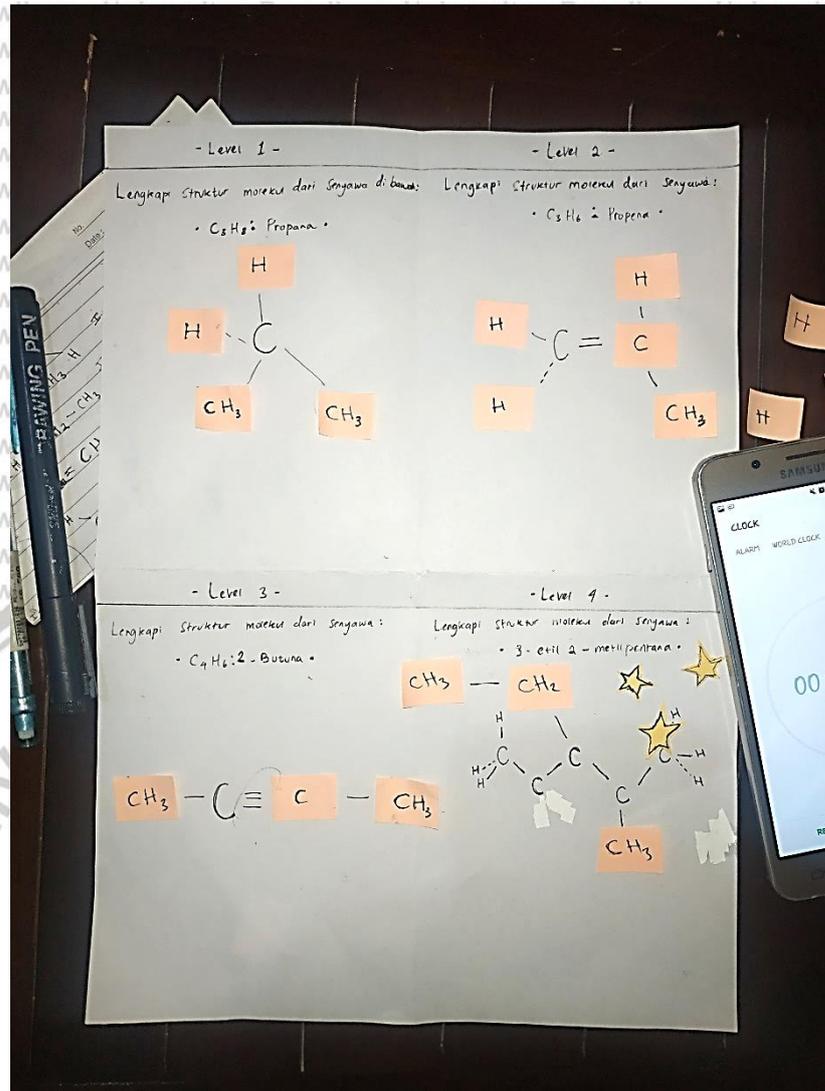
Pemain akan diberikan kertas berisi soal, dan kertas kecil untuk menuliskan jawaban secara bebas lalu menaruh kertas tersebut pada posisi pada soal yang dianggap benar. Sistem *punishment* yang mengurangi waktu pemain jika menjawab salah dihilangkan dan waktu akan dihitung maju dan bukan mundur. Waktu akan ditambahkan dengan signifikan karena pemain harus menulis sendiri jawabannya. Langkah yang pemain ambil pada *playtest* dari *prototyping* terdapat pada Tabel 4.9 dengan foto *paper prototype* pada Gambar 4.5 dan Gambar 4.6.

Tabel 4.9 Langkah yang Diambil Pemain Pada Iterasi Ketiga

No	Langkah Pemain
1.	Pemain mendengarkan instruksi
2.	Pemain menunggu <i>timer</i> dijalankan
3.	Pemain membaca soal
4.	Pemain mencoba mengerjakan soal di atas kertas lain terlebih dahulu
5.	Pemain mengkonfirmasi kembali cara menjawab soal
6.	Pemain mulai meletakkan kertas kecil berisikan unsur atau senyawa untuk melengkapi struktur dari soal yang sedang dikerjakan
7.	Pemain mematikan <i>timer</i> untuk melihat berapa waktu yang telah pemain gunakan untuk mengerjakan level tersebut.



Gambar 4.5 Paper Prototype Iterasi Ketiga – Keseluruhan Soal



Gambar 4.6 Paper Prototype Iterasi Ketiga – Penyelesaian Soal

Hasil dari playtest yang dilakukan pada iterasi ketiga menunjukkan bahwa pemain merasa bahwa soal sudah mencakup semua jenis senyawa hidrokarbon dan merasa lebih nyaman dengan waktu yang bertambah daripada waktu yang berkurang (*countdown*). Dari tanggapan pemain, tahap perancangan sudah mencapai hasil yang diharapkan. Hasil dari iterasi ketiga akan dimasukkan ke dalam tabel MDA pada Tabel 4.10 untuk memudahkan evaluasi.

Tabel 4.10 Hasil *playtest* iterasi ketiga

Aesthetics	Pemain merasa sudah gim sudah cukup menarik dan relevan tanpa membuat stress dalam menjawab soal.
Dynamics	1. Soal 1 dikerjakan dengan waktu 120 detik, mendapatkan bintang 2.

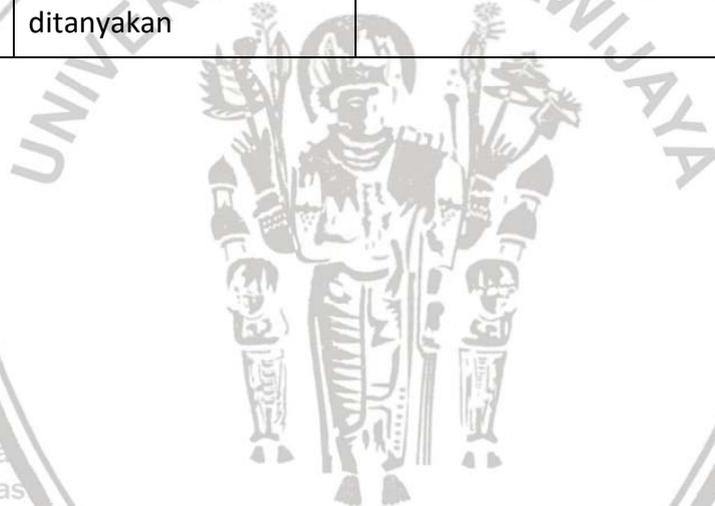
	<p>2. Soal 2 dikerjakan dengan waktu 226 detik, mendapatkan bintang 1.</p> <p>3. Soal 3 dikerjakan dengan waktu 180 detik, mendapatkan bintang 1.</p> <p>4. Soal 4 dikerjakan dengan waktu 120 detik, mendapatkan bintang 2.</p> <p>5. Pemain mengerjakan semua soal dengan benar.</p>
<i>Mechanics</i>	<p>1. Empat soal pertanyaan mengenai senyawa alkana, alkana, dan alkuna akan disajikan. Berikut 4 soal yang akan ditanyakan :</p> <p>a. Senyawa alkana, yaitu "C_3H_8 : Propana"</p> <p>b. Senyawa alkena, yaitu "C_3H_6 : Propena"</p> <p>c. Senyawa alkuna, yaitu "C_4H_6 : 2 – Butuna"</p> <p>d. Senyawa alkana berdasarkan nomenklatur IUPAC, yaitu "3 – etil 2 – metil pentana"</p> <p>2. Beberapa kertas kecil yang mana pemain dapat menuliskan sendiri jawaban yang nantinya akan dihubungkan dengan soal.</p> <p>3. Tiga kertas kecil dengan gambar bintang.</p> <p>4. Waktu 240 detik untuk menghitung waktu bermain seluruh soal.</p>

Berdasarkan hasil dari paper prototyping iterasi terakhir didapatkan daftar fungsional yang digunakan untuk tahap implementasi. Tabel fungsional tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Tabel Fungsional

No.	Fungsi	Deskripsi
1.	Memilih level	Pemain dapat memilih level sesuai yang diinginkan.
2.	Menambah unsur karbon di dalam area <i>playspace</i>	Pemain dapat menambahkan unsur karbon sebagai bahan untuk menyusun senyawa di dalam <i>playspace</i> .
3.	Menambah unsur hidrogen pada karbon	Pemain dapat menambahkan unsur hidrogen sebagai bahan untuk menyusun senyawa di dalam <i>playspace</i> .

4.	Menyusun senyawa di dalam area <i>playspace</i>	Pemain dapat menyusun senyawa dari unsur karbon dan hidrogen pada area <i>playspace</i> yang telah ditentukan.
5.	Mengganti jenis ikatan kovalen molekul	Pemain dapat mengganti jenis ikatan kovalen antar dua unsur.
6.	Menghapus unsur di dalam area <i>playspace</i>	Pemain dapat menghapus atau me-reset unsur dalam area <i>playspace</i> .
7.	Memberikan pemain bintang berdasarkan waktu penyelesaian	Gim dapat memberikan pemain bintang (1 – 3) kepada pemain berdasarkan waktu yang pemain gunakan tiap level.
8.	Melihat senyawa dalam <i>playspace</i> secara 3D via AR	Pemain dapat melihat senyawa yang telah dibuat pada area <i>playspace</i> dalam dimensi 3 melalui <i>Augmented Reality</i>
9.	Mengecek senyawa di dalam <i>playspace</i> terhadap soal yang ditanyakan	Gim dapat mengecek senyawa yang telah pemain rancang di dalam area <i>playspace</i> dan mencocokkannya dengan soal yang ditanyakan.



BAB 5 IMPLEMENTASI

Pada bab ini akan dimulai tahapan implementasi pada proses implementasi untuk melanjutkan tahapan perancangan pada iterasi sebelumnya.

5.1 Teknologi dan Platform

Subbab ini membahas mengenai teknologi dan spesifikasi perangkat keras maupun lunak yang digunakan untuk mengembangkan gim “Belajar Hidrokarbon, yuk!” dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Perangkat keras yang digunakan untuk implementasi

Sistem Operasi	Windows 10 64-bit
Model Laptop	Lenovo Ideapad Flex 5
Processor	Intel Core i7-1065G7
Memory (RAM)	16GB
Storage	1 TB
Graphic Card	NVIDIA GeForce MX330

Pemilihan teknologi perangkat lunak dan bahasa pemrograman yang digunakan untuk mengembangkan gim “Belajar Hidrokarbon, yuk!” dapat dilihat pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Perangkat Lunak dan Bahasa Pemrograman yang digunakan untuk implementasi

Jenis Implementasi	Nama Program
Desain 2D	Medibang Paint Pro
<i>Game Engine</i>	Unity 3D 2019.2.10f1
Bahasa Pemrograman	C#
Vuforia	8.1.7

Perangkat keras yang digunakan sebagai target *platform* dari gim “Belajar Hidrokarbon, yuk!” adalah untuk *smartphone* dengan sistem operasi Android. Spesifikasi perangkat keras yang digunakan untuk menguji dan mengembangkan gim ini dapat dilihat pada Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Spesifikasi *Smartphone* untuk Implementasi

Model <i>smartphone</i>	Xiaomi Redmi Note 5
Processor	Snapdragon 636
Memory (RAM)	4GB
Storage	64GB
Graphic Card	Adreno 509
Kamera	12MP + 5MP
Sistem Operasi	Android Pie
Resolusi Layar	1080 x 2160

5.2 Implementasi *Gameplay*

Subbab ini membahas implementasi *gameplay* pada gim “Belajar Hidrokarbon, yuk!”. Implementasi akan didasarkan oleh tabel fungsional Tabel 4.11 pada tahap perancangan. Implementasi akan dibuat sesuai elemen formal *games* yang telah dibuat pada tahap perancangan sebelumnya.

5.2.1 Implementasi Pemilihan Level

Halaman pemilihan level akan tersedia saat pemain memilih tombol “Main” pada halaman utama. Atribut level dibuat melalui array class `LevelData` dan disimpan dalam bentuk JSON. Contoh dari file level JSON terdapat pada Tabel 5.6.

Tabel 5.4 *File JSON LevelData*

No.	Levels.json
1	[{
2	"carbonCount" : 4,
3	"hydrogenCount" :6,
4	"hydroCarbType" : "Alkuna",
5	"compoundName" : "2-Butuna",
6	"questionedAs" : "2 - Butuna",
7	"isomer" : "-",
8	"initialNumOfCarbon" : 2,
9	"time" : 240
10	}]

Class `LevelData` merepresentasikan informasi yang terdapat pada suatu level. Class tersebut memiliki 7 variabel. Variabel `carbonCount` berisi jumlah karbon dalam senyawa pertanyaan, `hydrogenCount` berisi jumlah hidrogen dalam senyawa pertanyaan, `hydroCarbType` berisi jenis senyawa

hidrokarbonnya, `compoundName` berisi nama senyawanya, `questionedAs` berisi pertanyaan yang akan ditanyakan oleh level tersebut, `initialNumOfCarbon` berisi jumlah karbon awal yang akan ditampilkan pada saat awal level mulai, dan `time` adalah waktu maksimal yang dapat pemain gunakan. File JSON tersebut kemudian diolah menjadi tombol pemilihan level yang berisi informasi pertanyaan level, tipe senyawa hidrokarbon, dan jumlah bintang yang telah didapat sebelumnya. *Pseudocode* dari implementasi pemilihan level terdapat pada Tabel 5.5.

Tabel 5.5 Pseudocode Implementasi Pemilihan Level

No.	Kelas GameResourcesMenu
1	Deklarasi fungsi <code>IEnumerator initiateLevel()</code>
2	Deklarasi variabel data level
3	Deklarasi variabel <code>progress</code> level pemain
4	
5	Iterasi variabel level dari data level
6	Duplikat elemen UI menu berdasarkan info dari data level
7	Menampilkan jumlah bintang yang pemain dapatkan berdasarkan <code>progress</code> level pemain
8	
9	}
10	}

5.2.2 Implementasi Penambahan Unsur Karbon

Unsur karbon dapat ditambahkan ke dalam area “*playspace*” dengan cara menekan tombol “Tambah Karbon”. Saat tombol tersebut ditekan, maka akan dipanggil fungsi `cloneCarbon()` pada class `BondManager`.

Karbon diduplikasi dengan memanggil fungsi `clone()` pada class `GameResourcesGameplay` dengan memberikan parameter objek yang ingin diduplikasi, *parent* tujuan, posisi tujuan, dan nama dari karbon baru tersebut. *Pseudocode* implementasi penambahan unsur karbon terdapat pada Tabel 5.6.

Tabel 5.6 Pseudocode Implementasi Pemilihan Level

No.	Kelas BondManager
1	Deklarasi fungsi <code>cloneCarbon()</code>
2	Memanggil fungsi <code>clone()</code> dari class <code>GameResourcesGameplay</code>
3	Mengembalikan objek karbon baru dengan memanggil fungsi <code>getRecentlyDuplicatedObj()</code> dari class <code>GameResourcesGameplay</code>
4	
5	}
No.	Kelas GameResourcesGameplay
1	Deklarasi fungsi <code>clone()</code>
2	Duplikasi <code>template</code> objek yang diminta
3	Mengubah nama dan posisi objek baru berdasarkan parameter
4	

5	Memasukkan objek baru yang telah diduplikasi pada variable
6	recentlyduplicated
7	}
8	Deklarasi fungsi getRecentlyDuplicatedObj{
9	Mengembalikan variable recentlyDuplicated
	}

5.2.3 Implementasi Penambahan Unsur Hidrogen

Unsur hidrogen dapat diikat dengan karbon melalui tombol “Tambah Hidrogen”. Saat tombol tersebut ditekan, maka mode “hydroMode” akan diaktifkan pada class TouchHandler. Class TouchHandler akan memeriksa setiap update frame apakah yang di sentuh oleh user merupakan unsur karbon dan memanggil fungsi bondHydrogen () pada class BondManager.

Fungsi bondHydrogen () akan mengecek apakah unsur karbon yang ingin dipasang masih memiliki Pasangan Elektron Bebas (PEB), jika masih memiliki PEB, maka *gameObject* hidrogen akan di duplikat dan dijadikan *child* dari karbon tersebut. Posisi dari semua ikatan elektron akan dikalibrasi pada fungsi bondElement () yang akan dijelaskan pada bagian implementasi penyusunan senyawa. *Pseudocode* terdapat pada Tabel 5.7.

Tabel 5.7 *Pseudocode* Implementasi Penambahan Hidrogen

No.	Kelas BondManager
1	Deklarasi fungsi bondHydrogen{
2	Jika ikatan target karbon tidak penuh, maka{
3	Memanggil fungsi clone() dari class GameResourcesGameplay
4	Memanggil fungsi bondElement() dengan parameter objek hidrogen
5	baru
6	}
7	}

5.2.4 Implementasi Penyusunan Senyawa

Senyawa dapat disusun dengan menyentuhkan satu karbon kepada karbon lainnya dan menyentuh karbon saat dalam hydroMode. Fungsi bondElement () pada class BondManager akan dipanggil saat karbon tersentuh. Fungsi bondElement () adalah untuk mengikatkan satu unsur dengan unsur atau senyawa lainnya.

Pertama unsur yang akan diikat akan dijadikan sebagai *child* dari karbon yang dituju secara *hierarchy*, serta mengubah posisi sementara dan ukuran berdasarkan urutan *child* dari unsur yang akan diikat tersebut. Setelah karbon yang dituju akan dikalibrasi dengan memanggil fungsi enableCalibrateBonds () dengan parameter *parent* tujuan dan jumlah *child* dari *parent* tersebut.

Fungsi `enableCalibrateBonds()` melakukan iterasi kepada semua *child* dari variabel *parent* karbon tujuan untuk mengaktifkan rotasi pada masing-masing karbon dengan memanggil fungsi `rotate()` pada class `ElementProperties` yang terdapat pada masing-masing *child* dengan parameter `siblingBefore`, `degree`, `axis`, dan `waitForSiblings` untuk memutar masing-masing *child* sesuai dengan parameter tersebut. *Pseudocode* untuk fungsi penyusunan senyawa terdapat pada Tabel 5.8.

Tabel 5.8 Pseudocode Implementasi Penyusunan Senyawa

No.	Kelas BondManager
1	Deklarasi fungsi <code>bondElement{</code>
2	Deklarasi nilai jumlah ikatan/ <i>child</i> pada karbon target
3	Memindahkan objek yang akan diikat menjadi <i>child</i> dari target
4	karbon
5	Menyesuaikan ukuran dan posisi objek yang akan diikat
6	terhadap target karbon
7	Jika target karbon tidak memiliki PEB setelah diikatkan,
8	maka{
9	Mengubah ukuran dan posisi objek yang akan diikatkan
10	menjadi dibelakang target karbon
11	Jika tidak{
12	Memanggil fungsi <code>enableCalibrateBonds()</code>
13	}
14	}
15	Deklarasi fungsi <code>enableCalibrateBonds{</code>
16	Ubah nilai variabel bool <code>isChildrenRotating</code> pada komponen
17	class <code>ElementProperties</code> milik target karbon menjadi <code>True</code>
18	Iterasi setiap jumlah ikatan target karbon{
19	Deklarasi variabel elemen iterasi
20	Deklarasi variabel <code>eleProp</code> dari class <code>ElementProperties</code>
21	dari komponen class elemen iterasi
22	Mengubah nilai <code>isLastChild</code> sesuai dengan urutan ikatan
23	elemen iterasi
24	Deklarasi nilai derajat pemutaran berdasarkan urutan ikatan
25	Deklarasi variabel <code>siblingBefore</code>
26	Deklarasi nilai <code>waitForSiblings</code> menjadi <code>False</code>
27	Jika merupakan iterasi pertama, maka{
28	Mengubah nilai <code>siblingBefore</code> menjadi <code>parent</code> dari target
29	karbon
30	Jika tidak, maka{
31	Mengubah nilai <code>waitForSibling</code> menjadi <code>True</code>
32	Mengubah nilai <code>siblingBefore</code> menjadi elemen iterasi
	sebelumnya

33	}
34	Mengubah nilai variabel bool global rotateAxis berlawanan
35	dengan nilai sebelumnya
36	Memanggil fungsi rotate() pada variabel eleProp elemen
37	iterasi
38	}
39	}
No.	Kelas ElementProperties
1	Deklarasi fungsi rotate{
2	Jika variabel siblingBefore = null, maka{
3	Ubah nilai rotasi objek terhadap parent-nya
4	Jika nilai rotasi sesuai dengan derajat pemutaran, maka{
5	Pemutaran pada semua child parent selesai dilakukan
6	}
7	}Jika tidak, maka{
8	Cari derajat antara objek dengan variabel siblingBefore
9	Jika nilai rotasi sesuai dengan derajat pemutaran, maka{
10	Pemutaran pada objek selesai dilakukan
11	Jika objek merupakan elemen terakhir dalam ikatan, maka{
12	Pemutaran pada semua child parent selesai dilakukan
13	}
14	}Jika tidak, maka{
15	Ubah nilai rotasi objek terhadap parent-nya
16	}
17	}

5.2.5 Implementasi Mengganti Jenis Ikatan Kovalen

Ikatan kovalen antar unsur dapat diganti dengan menyentuh tombol “Ubah Jumlah Ikatan Kovalen”. Tombol tersebut akan mengaktifkan mode changeCov pada TouchHandler dan memanggil fungsi changeCovalent() dari class BondManager. Jika pemain menyentuh ikatan antar unsur, maka akan terganti secara urut dari 1 sampai ke 3. Jika ikatan kovalen sudah rangkap 3, maka jika disentuh akan kembali lagi ke rangkap 1.

Pada fungsi changeCovalent() terdapat iterasi untuk mengaktifkan gameObject unsur ikatan dari elemen yang dituju. Iterasi tersebut mencari gameObject yang masih belum aktif, lalu mengaktifkannya serta mengganti nilai variabel doneChanging menjadi true. Namun jika setelah iterasi variabel doneChanging masih bernilai false, maka semua rangkap telah penuh. Untuk kembali ke rangkap satu maka akan dilakukan iterasi kembali untuk menonaktifkan semua gameObject ikatan rangkap selain ikatan nomor satu. Pseudocode untuk mengganti jenis ikatan kovalen dapat dilihat pada Tabel 5.9.

Tabel 5.9 Pseudocode Implementasi Mengganti Jenis Ikatan Kovalen

No.	Kelas BondManager
1	Deklarasi fungsi changeCovalent{
2	Deklarasi nilai variabel doneChanging sebagai False
3	Iterasi sebanyak jumlah maksimal ikatan kovalen {
4	Jika variabel doneChanging tidak true{
5	Jika terdapat elemen ikatan kovalen tidak aktif, maka{
6	Mengubah elemen ikatan kovalen menjadi aktif
7	Mengubah nilai doneChanging sebagai True
8	}
9	}
10	}
11	Jika variabel doneChanging bernilai False, maka{
12	Iterasi sebanyak jumlah maksimal ikatan kovalen{
13	Jika bukan elemen pertama, maka{
14	Mengubah elemen ikatan kovalen menjadi tidak aktif
15	}
16	}
17	}
18	}

5.2.6 Implementasi Menghapus Senyawa pada *Playspace*

Seluruh unsur pada *playspace* dapat dihapus untuk menyentuh tombol “Hapus Unsur” ataupun tombol “Reset”. Tombol “Hapus Unsur” menghapus unsur secara individual dengan memanggil fungsi `delEle()` pada class `BondManager`. Fungsi `delEle()` menghapus unsur dengan memanggil fungsi `Destroy()`, setelah itu mengatur ulang posisi parent dari unsur yang telah dihapus tersebut.

Tombol “Reset” menghapus seluruh unsur yang terdapat pada area *playspace* dengan memanggil fungsi `reset()` pada class `BondManager`. Fungsi `reset()` akan melakukan iterasi setiap unsur/senyawa yang terdapat pada *playspace* lalu memanggil `Destroy()` untuk dihapus. *Pseudocode* untuk menghapus semua senyawa pada *playspace* dapat dilihat pada Tabel 5.10.

Tabel 5.10 Pseudocode Implementasi Penghapusan Senyawa Playspace

No.	Kelas BondManager
1	Deklarasi fungsi reset{
2	Iterasi setiap elemen unsur dalam playspace{
3	Memanggil fungsi Destroy untuk elemen tersebut
4	}
5	}
6	Deklarasi fungsi delEle{
7	Memanggil fungsi Destroy untuk elemen tersebut
8	Sesuaikan ulang posisi ikatan siblings-nya
9	}

5.2.7 Implementasi Pemberian Reward Berupa Bintang

Bintang merupakan *reward* untuk pemain setelah menyelesaikan level dengan benar dan dalam batas kurun waktu yang ditentukan. Bintang ditentukan oleh waktu yang pemain habiskan. Saat senyawa sudah selesai diidentifikasi, maka fungsi `getStarResult()` akan dipanggil dengan waktu pemain sebagai parameternya. *Pseudocode* pemberian reward berupa bintang dapat dilihat pada Tabel 5.11.

Tabel 5.11 Pseudocode Reward Bintang

No.	Kelas LevelEvaluator
1	Deklarasi fungsi <code>getStarResult{</code>
2	Deklarasi variabel jumlah bintang
3	Jika waktu pemain > 50% waktu level, maka {
4	Jumlah bintang = 1
5	} Jika 50% waktu level > waktu pemain > 30 %waktu level, maka{
6	Jumlah bintang = 2
7	} Jika waktu pemain < 30% waktu level, maka{
8	Jumlah bintang = 3
9	}
10	Kembalikan jumlah bintang
11	}

5.2.8 Implementasi Senyawa Menjadi 3D AR

Senyawa dapat diubah menjadi 3D AR dengan memanggil fungsi `loopPath()` pada class `GameResourcesAR`. Fungsi `loopPath()` menerima parameter *hierarchy playspace 2D*, serta *parent* untuk meletakkan 3D Object yang akan diduplikasi. Fungsi tersebut akan mengecek apakah *parent* dari *path playspace 2D* memiliki *child*, jika ya, maka karbon akan diduplikasi dengan parameter `parent3DObj` sebagai *parentnya*. Untuk membentuk pola senyawa

yang zigzag, maka setiap karbon yang dipanggil akan di *inverse* dengan karbon sebelumnya.

Setelah karbon diduplikasi, karbon yang baru diduplikasi diperiksa apakah memiliki ikatan rangkap lebih dari satu (*line* 24-25), jika benar lebih dari satu maka akan diganti jumlah rangkap kovalennya pada fungsi `changeCovalent()`. Fungsi `changeCovalent()` melakukan iterasi untuk mengaktifkan `gameObject` ikatan rangkap sesuai dengan jumlahnya. Setelah selesai, maka akan dilakukan *looping* kembali sampai suatu unsur tidak lagi memiliki ikatan karbon.

Jika *child* yang diiterasi ternyata merupakan hidrogen, maka akan disimpan jumlah hidrogen yang diikat oleh *child* tersebut. Setelah iterasi selesai akan diperiksa apakah jumlah hidrogen lebih dari satu. Jika lebih dari satu maka akan diaktifkan `gameObject` hidrogen yang dimiliki oleh karbon tersebut sesuai dengan jumlahnya. *Pseudocode* implementasi senyawa menjadi 3D AR dapat dilihat pada Tabel 5.12.

Tabel 5.12 Pseudocode Implementasi Senyawa Menjadi 3D AR

No.	GameResourcesAR.cs
1	Deklarasi fungsi <code>loopPath{</code>
2	Deklarasi variabel <code>inverse local</code>
3	Deklarasi variabel jumlah unsur hidrogen
4	
5	Jika variabel <code>inverse parameter = True</code> , maka{
6	<code>inverse local = False;</code>
7	} <code>else{</code>
8	<code>inverse local = True;</code>
9	} <code>}</code>
10	
11	Iterasi <i>child</i> pada variabel unsur di parameter{
12	Jika elemen iterasi merupakan hidrogen{
13	Jumlah hidrogen++
14	}Jika elemen iterasi merupakan karbon{
15	Deklarasi nilai variabel objek duplikat dengan
16	menduplikat objek karbon <i>template</i> dengan posisi dan ukuran yang
17	sesuai
18	Ubah <i>parent</i> objek duplikat baru menjadi variabel unsur
19	parameter
20	Ubah kovalen rangkap objek duplikat baru dengan
21	memanggil fungsi <code>changeCovalent</code>
22	Panggil fungsi <code>loopPath</code> dengan parameter objek duplikat
23	baru
24	} <code>}</code>
25	} <code>}</code>

```

26 Selama variabel jumlah hidrogen > 0, maka{
27 Aktifkan objek hidrogen dari variabel objek unsur
parameter
28
29 Jumlah hidrogen-
30 }
31 }
32 Deklarasi fungsi changeCovalent{
33 Iterasi sebanyak jumlah maksimal ikatan kovalen {
34 Jika terdapat elemen ikatan kovalen tidak aktif, maka{
35 Aktifkan objek elemen ikatan kovalen
36 } Jika terdapat elemen ikatan kovalen tidak aktif, maka{
37 Non-aktifkan objek elemen ikatan kovalen
38 }
39 }
40 }

```

5.2.9 Implementasi Pengecekan Nama Senyawa

Saat pemain menyentuh tombol “Selesai”, fungsi `getCompoundResult()` akan terpanggil untuk mengevaluasi hasil dari senyawa yang telah pemain buat. Fungsi `getCompoundResult()` memiliki *return type* `array string` yang berisi hasil evaluasi dari senyawa yang pemain buat berupa rumus senyawa, nama senyawa yang dibuat, status jawaban benar/salah, dan jumlah bintang yang didapat.

Pada fungsi `getCompoundResult()` fungsi `evaluate()` akan diapanggil untuk menentukan nama dari senyawa yang pemain buat. *Pseudocode* dari fungsi `getCompoundResult()` dan `evaluate()` pada class `LevelEvaluator` dapat dilihat pada Tabel 5.14.

Tabel 5.13 Pseudocode untuk Menentukan Nama Senyawa

No.	Kelas <code>LevelEvaluator</code>
1	Deklarasi variabel global rumus senyawa
2	Deklarasi variabel global status menang
3	Deklarasi variabel global cabang rantai
4	Deklarasi variabel global <code>path</code> terpanjang
5	
6	Deklarasi fungsi <code>getCompoundResult()</code>
7	Deklarasi variabel kosong nama senyawa dengan memanggil fungsi
8	<code>evaluate()</code>
9	Deklarasi variabel array hasil evaluasi <code>level</code>
10	Mengisi array hasil dengan variabel rumus senyawa, nama senyawa, status menang, dan jumlah bintang yang didapat
11	Jika senyawa merupakan isomer dari <code>level</code> , maka{
12	Tambahkan string “(Isomer)” pada nama senyawa

```
13 }
14 Jika jawaban benar, maka{
15     Simpan progress pemain
16 }
17 Kembalikan variabel array hasil
18 }
19
20 Deklarasi fungsi evaluate{
21     Deklarasi variabel data level
22     Deklarasi nilai variabel pathResult dengan memanggil fungsi
23     getPathData
24     Deklarasi nilai path terpanjang dan path terpanjang kedua
25     dengan pathResult[0]
26     Deklarasi variabel cabang rantai sementara
27
28     Iterasi setiap path pada pathResult{
29         Mengubah nilai variabel cabang rantai sementara dengan
30         memanggil fungsi getSubstituents
31         Jika variabel cabang rantai kosong, maka{
32             Variabel cabang rantai = cabang rantai sementara
33         } Selain itu jika total cabang variabel cabang rantai <
34         total cabang variabel cabang rantai sementara, dan total karbon
35         utama elemen iterasi > total karbon utama variabel path
36         terpanjang, maka{
37             Variabel cabang rantai = cabang rantai sementara
38             Variabel path terpanjang = variabel elemen iterasi
39         } Selain itu jika total karbon utama elemen iterasi < total
40         karbon utama variabel path terpanjang, dan total karbon utama
41         elemen iterasi > total karbon utama variabel path terpanjang
42         kedua, maka{
43             variabel path terpanjang kedua = variabel elemen iterasi
44         }
45     }
46
47     Jika jumlah karbon utama variabel path terpanjang < 50% jumlah
48     karbon keseluruhan, maka{
49         Memanggil fungsi joinLongestBond
50         Mengubah nilai variabel cabang rantai dengan memanggil fungsi
51         getSubstituents
52     }
53
54     Jika variabel cabang rantai tidak kosong atau senyawa merupakan
55     hidrokarbon jenuh, maka{
56         Mengubah nilai variabel cabang rantai dengan memanggil
57         fungsi sortBondBySubstituents
58     }
59 }
```

```

54
55     Mengembalikan string nama senyawa dengan memanggil fungsi
56     getCompoundName
    }

```

Terdapat beberapa tahapan untuk menentukan nama senyawa dari fungsi `evaluate()`. Tahapan tersebut adalah sebagai berikut.

1. Mencari semua path dari node unsur karbon

Data path node unsur-unsur dalam senyawa akan diambil dan disimpan ke dalam variabel objek `pathResult` dengan memanggil fungsi `getPathData()`. Fungsi `getPathData()` merupakan fungsi rekursif dengan *return type* `List<PathData>` yang akan melakukan iterasi *child* pada setiap variabel `Transform` yang diberikan sebagai parameter dari fungsi tersebut. Pada tiap iterasi rekursif akan disimpan secara global variabel jumlah hidrogen, karbon, ikatan kovalen rangkap 2, dan ikatan kovalen rangkap 3. Setelah itu akan dilakukan pemanggilan rekursif fungsi `getPathData()` sampai tidak ada karbon yang memiliki *child* untuk direkursif lagi.

Fungsi `getPathData()` akan diteruskan dengan melakukan iterasi terhadap hasil `List<PathData>` yang dikembalikan tersebut. Iterasi dilakukan untuk memproses beberapa variabel, yaitu `allPath`, variabel global yang memuat semua path yang telah dilewati, dan `returnedPaths`, variabel lokal dengan tipe data `List<PathData>` yang nantinya akan dikembalikan setelah fungsi selesai. Variabel `returnedPaths` tersebut memperbarui beberapa atribut dari hasil rekursif sebelumnya untuk dikembalikan sebagai *return* variabel. Setelah Fungsi `getPathData()` selesai, maka hasil rekursif `List<PathData>` akan disimpan pada variabel lokal objek `pathData` di dalam fungsi `evaluate()`. *Pseudocode* dari fungsi `getPathData()` pada class `LevelEvaluator` dapat dilihat pada Tabel 5.15.

Tabel 5.14 Pseudocode untuk Mencari Semua Path

No.	Kelas <code>LevelEvaluator</code>
1	Deklarasi variabel global jumlah karbon
2	Deklarasi variabel global jumlah hidrogen
3	Deklarasi variabel global jumlah ikatan kovalen rangkap dua
4	Deklarasi variabel global jumlah ikatan kovalen rangkap tiga
5	Deklarasi variabel global <code>allPath</code>
6	
7	Deklarasi fungsi <code>getPathData()</code>
8	Deklarasi variabel <code>returnedPaths</code>
9	Jumlah karbon <code>global++</code>
10	Deklarasi variabel jumlah karbon lokal
11	

```

12 Iterasi child pada variabel unsur di parameter{
13   Jika elemen iterasi merupakan hidrogen{
14     Jumlah hidrogen++
15   }Jika elemen iterasi merupakan karbon{
16     Jumlah karbon lokal++
17     Jika merupakan senyawa alkena{
18       Jumlah ikatan kovalen rangkap dua++
19     }Jika merupakan senyawa alkuna{
20       Jumlah ikatan kovalen rangkap tiga++
21     }
22 Deklarasi nilai variabel pathTemp dengan memanggil fungsi
23 getPathData
24 Iterasi variabel pathTemp{
25   Tambahkan elemen iterasi ke dalam variabel allPath
26   Tambahkan variabel dari parameter fungsi terhadap
   atribut pathToEdge elemen iterasi
27   Tambahkan elemen iterasi ke dalam variabel returnedPaths
28 }
29 }
30 }
31 Jika jumlah karbon lokal = 0, maka{
32   Tambahkan elemen iterasi ke dalam variabel allPath
33   Tambahkan diri sendiri ke dalam variabel returnedPaths
34 }
35   Kembalikan variabel returnedPaths
36 }

```

2. Mencari dan menyatukan rantai terpanjang

Rantai *path* terpanjang akan dicari dengan melakukan iterasi terhadap objek *pathResult*. Iterasi tersebut akan mencari 2 *path* yang memiliki karbon utama dan cabang rantai paling banyak. Setelah itu akan dihitung, apabila karbon utama *path* terpanjang jumlahnya lebih kecil dari setengah jumlah total karbon pada senyawa, maka 2 *path* tersebut akan disambung. *Pseudocode* untuk mencari rantai terpanjang dapat dilihat pada Tabel 5.14 baris ke 26–48 .

3. Mencari dan mengurutkan cabang rantai

Cabang rantai dicari dengan memanggil fungsi `getSubstituents()`. Fungsi `getSubstituents()` akan mengiterasi variabel *path* terpanjang untuk mengecek satu per satu elemen di List tersebut terhadap variabel *allPath*, variabel objek yang menyimpan semua *path* secara individu. Terdapat beberapa ketentuan dalam menentukan cabang rantai di dalam variabel *allPath*, yaitu :

- a. Variabel item iterasi `allPath` harus memiliki nilai atribut `startingPath` yang sama dengan elemen variabel `path` terpanjang yang sedang diiterasi saat itu.
- b. Variabel item iterasi `allPath` harus tidak melewati `path` apapun yang sudah dilewati pada variabel `path` terpanjang.

Jika ditemukan cabang dengan ketentuan di atas, maka cabang tersebut akan disimpan pada variabel cabang rantai dan jika senyawa merupakan senyawa hidrokarbon tak jenuh dan item list variabel tersebut memiliki ikatan kovalen lebih dari satu, maka akan ditambah ke dalam variabel global cabang senyawa tak jenuh. Setelah semua proses selesai, maka variabel cabang rantai baru akan dikembalikan.

Setelah cabang rantai sudah ditentukan, maka cabang rantai akan diurutkan berdasarkan tipe hidrokarbonnya. Senyawa akan diputar urutannya jika tidak sesuai dengan ketentuan. Ketentuan untuk senyawa hidrokarbon jenuh adalah sebagai berikut :

- a. Posisi cabang pertama lebih dekat di awal daripada akhir relatif terhadap urutan cabang rantai dan nama cabang rantaiurut secara alfabetik
- b. Posisi cabang pertama lebih dekat di akhir daripada awal relatif terhadap urutan cabang rantai dan nama cabang rantai tidakurut secara alfabetik
- c. Jika hanya terdapat satu cabang, maka rantai tersebut harus berada dekat awal rantai

Untuk menentukan urutan senyawa tak jenuh maka hanya perlu menentukan posisi unsur dengan ikatan kovalen yang paling dekat dengan ujung rantai awal. Jika posisi ikatan kovalen tersebut berada pada urutan lebih dari setengah jumlah posisi unsur, maka akan diputar dan dipanggil fungsi `getSubstituents()` untuk mengambil rantai cabang yang baru. *Pseudocode* mencari rantai cabang dan mengurutkan rantai cabang dapat dilihat pada Tabel 5.17.

Tabel 5.15 Pseudocode Mencari dan Mengurutkan Rantai Cabang

No.	Kelas Level Evaluator
1	Deklarasi variabel global cabang senyawa tak jenuh
2	
3	Deklarasi fungsi <code>getSubstituents()</code>
4	Deklarasi variabel <code>returnedSubst</code>
5	Pengosongan elemen variabel global cabang rantai
6	Pengosongan elemen variabel global cabang senyawa tak jenuh
7	
8	Iterasi elemen <code>pathLong</code> pada variabel global <code>path</code> terpanjang{
9	Deklarasi nilai variabel <code>pathWithoutCurrEle</code> , <code>path</code>
10	terpanjang tanpa elemen iterasi <code>pathLong</code>
11	Iterasi elemen <code>path_</code> variabel pada variabel global <code>allPath</code> {

```
12     Jika elemen iterasi path_ dimulai dari elemen iterasi
13     pathLong dan elemen path_ tidak terdapat pada list
14     pathWithoutCurrEle, maka {
15         Tambahkan elemen iterasi path_ ke dalam variabel
16         returnedSubst
17     }
18     Jika merupakan senyawa hidrokarbon tak jenuh, maka {
19         Jika elemen iterasi pathLong memiliki ikatan kovalen
20         rangkap 2/3, maka {
21             Tambahkan elemen iterasi pathLong ke dalam variabel
22             global cabang senyawa tak jenuh
23         }
24     }
25     Kembalikan variabel returnedSubst
26 }
27
28 Deklarasi fungsi sortBondBySubstituents {
29     Deklarasi nilai variabel returnedSubst dengan variabel
30     global cabang rantai
31     Jika merupakan senyawa hidrokarbon jenuh {
32         Jika (posisi cabang pertama variabel returnedSubst lebih
33         dekat di akhir daripada awal relatif terhadap urutan cabang
34         rantai dan nama cabang rantaiurut secara alfabetik) atau
35         (posisi cabang pertama variabel returnedSubst lebih
36         dekat di awal daripada akhir relatif terhadap urutan cabang
37         rantai dan nama cabang rantai tidakurut secara alfabetik) atau
38         (hanya terdapat satu cabang pada variabel returnedSubst
39         dan maka rantai tersebut berada lebih dekat di akhir cabang
40         rantai), maka {
41             Putar urutan list variable path terpanjang
42             Mengisi nilai variabel returnedSubst dengan memanggil
43             fungsi getSubstituents
44         }
45     }
46     Jika merupakan senyawa hidrokarbon tak jenuh {
47         Jika ikatan kovalen berada lebih dekat di akhir cabang
48         rantai, maka {
49             Putar urutan list variable path terpanjang
50             Mengisi nilai variabel returnedSubst dengan memanggil
51             fungsi getSubstituents
52         }
53     }
54     Kembalikan variabel returnedSubst
55 }
```

4. Menentukan nama berdasarkan cabang rantai

Tahap terakhir adalah menentukan nama senyawa berdasarkan cabang rantai. Nama senyawa ditentukan dengan memanggil fungsi `getCompoundName()` dengan parameter variabel cabang rantai. Pertama akan dicek jumlah rantai cabang tersebut. Jika tidak terdapat rantai cabang maka nama akan langsung ditentukan berdasarkan jumlah karbon dan hidrogen. Akan tetapi jika senyawa merupakan hidrokarbon tak jenuh, maka nama akan diambil dari fungsi `getUnsaturatedPrefix()` untuk mendapatkan prefix dari nama senyawa.

Jika terdapat rantai cabang, rantai cabang akan dikelompokkan berdasarkan nama p. Setelah itu akan dilakukan iterasi terhadap cabang yang telah dikelompokkan berdasarkan nama cabang tersebut. Iterasi akan menentukan prefix dan posisi cabang dalam penamaan senyawa. Jika senyawa tersebut merupakan senyawa hidrokarbon tak jenuh, maka akan dipanggil fungsi `getUnsaturatedPrefix()` yang akan diletakkan di akhir nama senyawa. Setelah nama sudah didapatkan, maka nama akan dikembalikan ke fungsi `evaluate()`, yang akan mengembalikan nama tersebut ke fungsi `getCompoundResult()`. *Pseudocode* untuk menentukan nama senyawa dapat dilihat pada Tabel 5.18.

Tabel 5.16 *Pseudocode* untuk Menentukan Nama Senyawa

No.	Kelas LevelEvaluator
1	Deklarasi fungsi <code>getCompoundName{</code>
2	Deklarasi variable <code>returnedName</code>
3	
4	Jika terdapat cabang, maka{
5	Deklarasi nilai variabel grup cabang dengan mengelompokkan
6	cabang berdasarkan nama dan mengurutkannya
7	
8	Iterasi variabel grup cabang{
9	Jika elemen iterasi cabang lebih dari satu, maka{
10	Iterasi elemen cabang{
11	<code>returnedName = returnedName + "," + nomor posisi cabang</code>
12	}
13	}Jika tidak, maka{
14	<code>returnedName = returnedName + nomor posisi cabang</code>
15	}
16	<code>returnedName = returnedName+prefix cabang+nama cabang+ "-"</code>
17	}
18	Jika merupakan senyawa hidrokarbon tak jenuh, maka{

```

19     returnedName = returnedName + memanggil fungsi
20     getUnsaturatedPrefix
21 }
22     returnedName = returnedName+tambahkan prefix+tambahkan suffix
23 }
24     Jika tidak terdapat cabang,maka{
25     Jika merupakan senyawa hidrokarbon tak jenuh,maka{
26         returnedName = memanggil fungsi getUnsaturatedPrefix
27     }
28     returnedName = returnedName+prefix cabang+nama cabang+ "-"
29 }
30
31     Kembalikan variabel returnedName
32 }
33
34 Deklarasi fungsi getUnsaturatedPrefix{
35     Deklarasi variable prefix
36
37     Deklarasi nilai variabel grup cabang dengan mengelompokkan
38     cabang berdasarkan nama dan mengurutkannya
39     Iterasi variabel grup cabang{
40         Jika elemen iterasi cabang lebih dari satu, maka{
41             Iterasi elemen cabang{
42                 prefix = prefix + "," + nomor posisi cabang
43             }
44         }Jika tidak, maka{
45             prefix = prefix + nomor posisi cabang
46         }
47     }
48     Kembalikan prefix + "-"
49 }

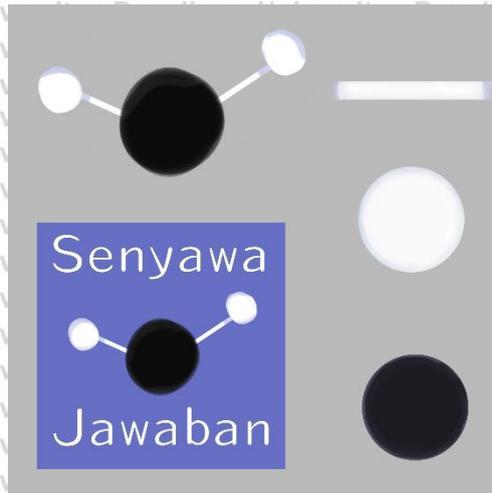
```

5.3 Implementasi Asset

Subbab ini akan membahas mengenai *asset* yang digunakan pada gim "Belajar Hidrokarbon,yuk!". *Asset* yang dibahas meliputi *asset* 2D, *asset* 3D, dan *User Interface* (UI).

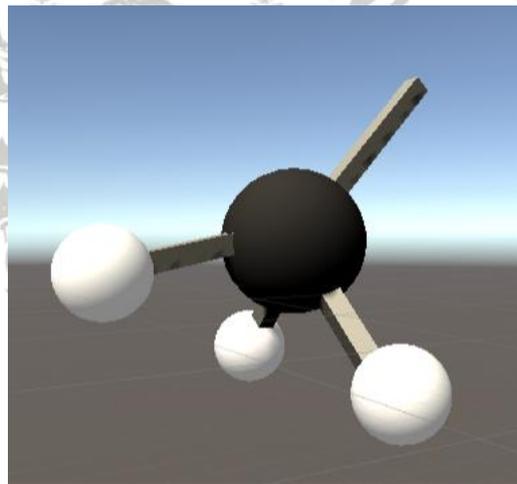
5.3.1. Asset 2D dan 3D

Asset 2D dibuat menggunakan aplikasi perangkat lunak Medibang Paint Pro. *Asset* 2D yang tersedia adalah *asset* untuk gambar karbon, hidrogen, ikatan elektron, dan *marker* yang digunakan pemain untuk melihat senyawa melalui AR. *Asset* 2D dapat dilihat pada Gambar 5.1



Gambar 5.1 Asset 2D

Asset 3D dibuat menggunakan *object sphere* dan *cube* dari Unity. *Object sphere* digunakan untuk membuat unsur hidrogen dan karbon, sedangkan *cube* digunakan untuk membuat ikatan elektron antar unsur. Asset 3D dapat dilihat pada Gambar 5.2.



Gambar 5.2 Asset 3D

5.3.2. User Interface (UI)

Gim “Belajar Hidrokarbon, yuk!” memiliki 8 tampilan UI. Tampilan UI tersebut adalah tampilan pada *main menu*, tampilan pilih materi belajar, tampilan belajar, tampilan pilih level, tampilan *game over*, tampilan level selesai, tampilan lihat dengan AR, dan tampilan *gameplay*.

1. UI Tampilan Main Menu

Tampilan *main menu* muncul saat pemain mulai memainkan gimnya. Tampilan ini memiliki 2 tombol. UI dari *main menu* dapat dilihat pada Gambar 5.3. Penjelasan tombol tersebut adalah sebagai berikut :

A : Tombol menuju tampilan pemilihan level

B: Tombol menuju tampilan pemilihan materi belajar



Gambar 5.3 UI Main Menu

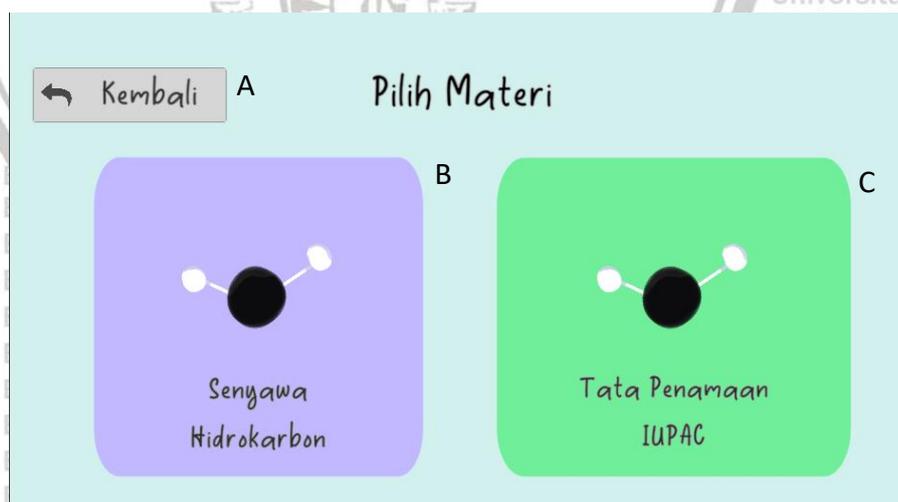
2. UI Tampilan Pemilihan Materi Belajar

Tampilan pemilihan materi belajar akan terbuka jika pemain menekan tombol "Materi" pada tampilan *main menu*. Tampilan ini memiliki 3 tombol. UI dari pilihan level dapat dilihat pada Gambar 5.4. Penjelasan tombol tersebut adalah sebagai berikut :

A : Tombol menuju tampilan *main menu*

B: Tombol menuju tampilan belajar materi senyawa hidrokarbon

C: Tombol menuju tampilan belajar materi tata penamaan IUPAC



Gambar 5.4 UI Pemilihan Materi

3. UI Tampilan Belajar

Tampilan belajar akan terbuka jika pemain memilih salah satu pilihan materi pada tampilan pemilihan materi belajar. Tampilan ini memiliki 2 tombol. UI dari

tampilan belajar dapat dilihat pada Gambar 5.5. Penjelasan tombol tersebut adalah sebagai berikut :

A : Tombol menuju halaman sebelumnya, jika sudah mencapai halaman pertama maka tombol akan menuju ke tampilan pilih materi

B: Tombol menuju halaman selanjutnya

Senyawa hidrokarbon

Hidrokarbon merupakan senyawa yang terdiri atas dua unsur, yaitu karbon dan hydrogen, dan merupakan bagian dari studi kimia organik.

```

graph TD
    H[Hidrokarbon] --> A[Alifatik]
    H --> Ar[Aromatik]
    A --> As[Asiklik]
    A --> S[Siklik]
    As --> A1[Alkana - hidrokarbon jenuh]
    As --> A2[Alkena - hidrokarbon tak jenuh]
    S --> C[Cycloalkana]
    A2 --> A3[Alkuna - hidrokarbon tak jenuh]
        
```

← Kembali
A
Halaman 1/4
B
Selanjutnya →

Gambar 5.5 UI Tampilan Belajar

4. UI Tampilan Pemilihan Level

Tampilan pemilihan level akan terbuka saat pemain memilih tombol “Mulai” pada tampilan *main menu*. Tampilan ini memiliki tombol sebanyak jumlah level + 1. UI dari tampilan pemilihan level dapat dilihat pada Gambar 5.6. Penjelasan tombol tersebut adalah sebagai berikut :

A : Tombol menuju ke *main menu*

B: Tombol menuju ke tampilan *gameplay* sesuai dengan level yang dipilih

← Kembali
A
Pilih Level

☆☆☆☆

C₃H₈

Alkana

B

☆☆☆☆

C₃H₆

Alkena

☆☆☆☆

2 - Butuna

Alkuna

☆☆☆☆

3 - etil 2 - metil pentana

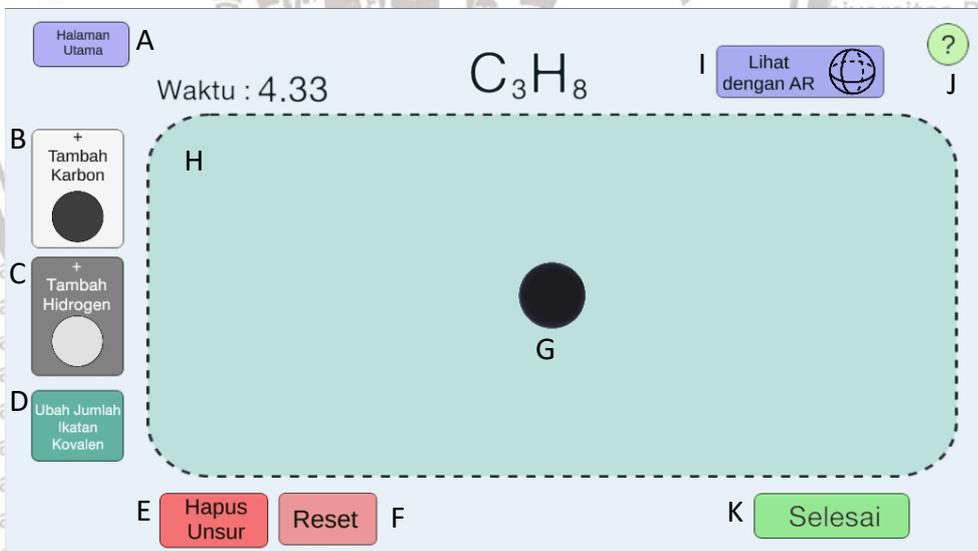
Alkana

Gambar 5.6 UI Pemilihan Level

5. UI Tampilan *Gameplay*

UI tampilan *gameplay* memiliki 10 tombol dan 2 area yang memiliki tujuan berbeda. UI dari tampilan pemilihan level dapat dilihat pada Gambar 5.7. Penjelasan *object-object* tersebut adalah sebagai berikut :

- A : Tombol menuju ke *main menu*
- B: Tombol untuk menambah karbon
- C: Tombol untuk menambah ikatan hidrogen pada karbon
- D: Tombol untuk mengganti jumlah ikatan kovalen antar unsur
- E: Tombol untuk menghapus unsur
- F: Tombol untuk menghapus semua unsur pada area *playspace*
- G: Unsur yang dapat dipindah
- H: Area *playspace*
- I: Tombol menuju ke tampilan AR
- J: Tombol untuk membuka halaman tutorial
- K: Tombol untuk mengevaluasi jawaban

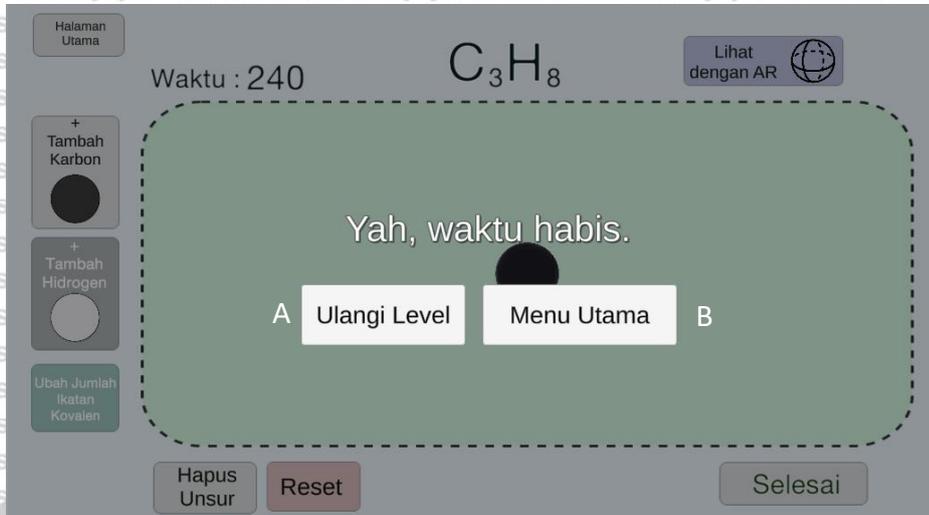


Gambar 5.7 UI *Gameplay*

6. UI Tampilan *Game Over*

Tampilan *game over* akan terbuka saat pemain gagal menyelesaikan level sampai dengan waktu yang disediakan. Tampilan ini memiliki 2 tombol. UI dari tampilan *game over* dapat dilihat pada Gambar 5.8. Penjelasan tombol tersebut adalah sebagai berikut :

- A : Tombol untuk mengulang level
- B: Tombol menuju ke *main menu*



Gambar 5.8 UI Pemilihan Level

7. UI Tampilan Level Selesai

Tampilan level selesai akan terbuka saat pemain menyentuh tombol “Selesai” pada saat berada di tampilan *gameplay*. Tampilan ini memiliki hasil yang berbeda, tergantung apakah pemain benar atau tidak dalam menjawab level yang dimainkan. Tampilan level selesai memiliki 3 tombol. UI dari tampilan level selesai dapat dilihat pada Gambar 5.9. Penjelasan tombol tersebut adalah sebagai berikut :

- A : Tombol untuk menuju ke *main menu*
- B: Tombol untuk mengulang level
- C: Tombol untuk melewati level dan pergi ke level selanjutnya



Gambar 5.9 UI Level Selesai

8. UI Tampilan AR

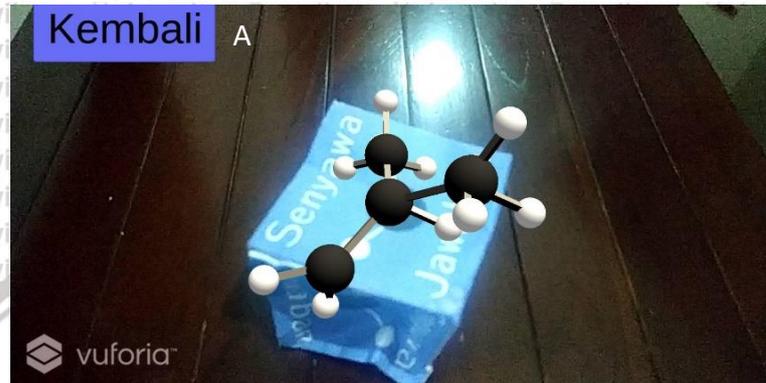
Tampilan AR akan terbuka saat pemain menyentuh tombol "Lihat Dengan AR".

Tampilan AR akan menampilkan senyawa yang telah disusun di dalam *playspace* ke dalam bentuk 3 dimensi menggunakan *Augmented Reality*.

Tampilan ini 1 tombol. UI dari tampilan AR dapat dilihat pada Gambar 5.10.

Penjelasan tombol tersebut adalah sebagai berikut :

A : Tombol untuk menuju ke *main menu*



Gambar 5.10 UI Lihat dengan AR



BAB 6 PENGUJIAN

Pada bab ini akan dilakukan proses *Quality Assurance (QA)*, *Playtest*, dan Evaluasi untuk melanjutkan proses implementasi sebelumnya.

6.1 Black Box Testing

Pengujian *Black Box Testing* akan dilakukan untuk mengecek kelayakan sebagai proses *quality assurance* pada tahap implementasi pengembangan gim “Belajar Hidrokarbon, yuk!”. *Black Box Testing* akan didasarkan pada tabel fungsional yang telah dibuat pada tahap perancangan sebelumnya. Skenario pengujian terdapat pada Tabel 6.1.

Tabel 6.1 Pengujian *Black Box*

No.	Skenario Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Validitas
1.	Memilih level	Pemain dapat memilih level lalu <i>gameplay</i> dengan informasi level terpilih dimuat	Pemain dapat memilih level lalu <i>gameplay</i> dengan informasi level terpilih dimuat	<i>Valid</i>
2.	Menambah unsur karbon dalam <i>playspace</i>	Pemain dapat menambahkan unsur karbon untuk menyusun senyawa	Pemain dapat menambahkan unsur karbon untuk menyusun senyawa	<i>Valid</i>
3.	Menambah unsur hidrogen pada karbon	Pemain dapat menambah ikatan hidrogen kepada karbon dan semua ikatan pada karbon tersebut menyesuaikan posisi	Pemain dapat menambah ikatan hidrogen kepada karbon dan semua ikatan pada karbon tersebut menyesuaikan posisi	<i>Valid</i>
4.	Menyusun senyawa di dalam area <i>playspace</i>	Unsur dapat saling berikatan dan mengatur posisi setiap ada ikatan baru	Unsur dapat saling berikatan dan mengatur posisi setiap ada ikatan baru	<i>Valid</i>
5.	Mengganti jenis ikatan kovalen molekul	Pemain dapat mengganti jenis	Pemain dapat mengganti jenis	<i>Valid</i>

		ikatan kovalen antar dua unsur	ikatan kovalen antar dua unsur	
6.	Menghapus unsur di dalam area <i>playspace</i>	Pemain dapat menghapus unsur apapun pada area <i>playspace</i>	Pemain dapat menghapus unsur apapun pada area <i>playspace</i>	<i>Valid</i>
7.	Melihat senyawa dalam <i>playspace</i> secara 3D via AR	Pemain dapat melihat senyawa yang telah dibuat pada <i>playspace</i> menjadi 3 dimensi melalui AR dengan posisi dan jumlah molekul yang benar.	Pemain dapat melihat senyawa yang telah dibuat pada <i>playspace</i> menjadi 3 dimensi melalui AR dengan posisi dan jumlah molekul yang benar.	<i>Valid</i>
8.	Mengecek senyawa di dalam <i>playspace</i> terhadap soal yang ditanyakan	Mengidentifikasi nama senyawa dengan aturan IUPAC	Mengidentifikasi nama senyawa dengan aturan IUPAC	<i>Valid</i>
9.	Memberikan pemain bintang berdasarkan waktu penyelesaian	Pemain mendapatkan jumlah bintang sesuai dengan waktu yang dihabiskan pemain antara 1 sampai 3 bintang	Pemain mendapatkan jumlah bintang sesuai dengan waktu yang dihabiskan pemain antara 1 sampai 3 bintang	<i>Valid</i>

Dari Tabel 6.1. pengujian *black box testing* diperoleh kesimpulan bahwa hasil pengujian sudah sesuai dengan hasil yang diharapkan, dengan hasil validitas dari semua fungsional adalah valid.

6.2 Game Experience Questionnaire (GEQ)

Pengujian *Game Experience Questionnaire* (GEQ) merupakan proses *user experience testing* melalui perspektif *usability* yang dilakukan untuk mendapatkan hasil evaluasi pada tahap implementasi pengembangan gim (Norman, 2013). GEQ memiliki 3 modul, tetapi hanya akan digunakan 2 modul karena gim tidak memiliki fitur untuk *co-op*, atau gim hanya memiliki mode *single player*, modul tersebut adalah *Core Questionnaire* dan *Post-Game Questionnaire*. Semua pertanyaan diambil dari penelitian Poels, et al. pada tahun 2007.

Metode pengukuran kuesioner dilakukan menggunakan skala psikometrik dan skala Likert sebagai skala penilaian dari kuesioner tersebut. Skala penilaian Likert akan memberikan pilihan dengan skala 1 – 5, dengan 1 sebagai sangat tidak setuju, dan 5 sebagai sangat setuju (Likert, 1932). Pengujian dilakukan untuk *usability testing* yang ditujukan kepada 5 orang responden untuk menemukan setidaknya 85% masalah dengan *cost* yang sedikit (Henstam, 2018). Responden memiliki kriteria :

1. Siswa SMA/SMK yang telah atau sedang mempelajari materi hidrokarbon pada kimia
2. Pernah bermain gim di *smartphone*

Setelah pengujian selesai maka data akan dievaluasi dengan menghitung *mean* dan standard deviasi dari setiap komponen pertanyaan. *Mean* dihitung dengan menggunakan rumus $\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$ dengan n merupakan total data dan $\sum_{i=1}^n x_i$ merupakan jumlah dari seluruh nilai data. *Mean* dihitung untuk mengetahui jawaban rata-rata dari responden. Selain *mean*, akan dihitung juga standard deviasinya. Standard deviasi merupakan pengukuran dari variabilitas atau distribusi data (Altman and Bland, 2005). Standard deviasi yang akan digunakan adalah standard deviasi sample dengan rumus $s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$ dengan n merupakan total data, \bar{x} merupakan *mean* atau rata-rata, dan x_i merupakan tiap-tiap nilai dari data.

6.2.2 Core Questionnaire

Core questionnaire memiliki 7 komponen. Komponen dan pertanyaan tersebut terdapat pada Tabel 6.2.

Tabel 6.2 Pertanyaan *Core Questionnaire*

No.	Komponen	Pertanyaan
1.	Kompetensi (<i>Competence</i>)	" <i>I was good at it</i> " Apakah anda merasa mahir dalam memainkan gim ini?
2.		" <i>I felt competent</i> " Apakah anda merasa kompeten dalam memainkan gim ini?
3.		" <i>I felt skilful</i> " Apakah anda merasa menguasai gim ini?
4.		" <i>I felt successful</i> " Apakah anda merasa berhasil memainkan gim?

5.	Pendalaman (Immersion)	<i>"It was aesthetically pleasing"</i> Apakah anda merasa tampilan gim ini menarik?
6.		<i>"I found it impressive"</i> Apakah anda merasa gim ini mengesankan?
7.		<i>"I felt that i could explore things"</i> Apakah anda merasa bahwa anda bisa mengeksplorasi gim ini lebih lanjut?
8.		<i>"I felt imaginative"</i> Apakah anda merasa dapat membayangkan materi dengan lebih mudah?
9.	Alur (Flow)	<i>"I was fully occupied with the game"</i> Apakah anda merasa sibuk saat memainkan gim ini?
10.		<i>"I forgot everything around me"</i> Apakah anda melupakan sekeliling anda saat memainkan gim ini?
11.		<i>"I was deeply concentrated in the game"</i> Apakah anda sangat berkonsentrasi dalam memainkan gim ini?
12.		<i>"I lost track of time"</i> Apakah anda merasa lupa waktu saat memainkan gim ini?
13.	Tensi (Tension)	<i>"I felt irritable"</i> Apakah anda merasa marah saat memainkan gim ini?
14.		<i>"I felt irritable"</i> Apakah anda merasa kesal saat bermain gim ini?
15.		<i>"I felt frustated"</i> Apakah anda merasa frustrasi saat bermain gim ini?
16.	Tantangan	<i>"I thought it was hard"</i>

	(Challenge)	Apakah anda merasa gim ini terlalu sulit?
17.		<i>"I felt pressured"</i> Apakah anda merasa tertekan saat bermain gim ini?
18.		<i>"I felt challenged"</i> Apakah anda merasa tertantang saat bermain gim ini?
19.		<i>"I had to put a lot of effort into it"</i> Apakah anda merasa harus memberikan usaha yang lebih saat bermain gim ini?
20.	Efek negative (Negative effect)	<i>"It gave me a bad mood"</i> Apakah perasaan anda memburuk saat bermain gim ini?
21.		<i>"I thought about other things"</i> Apakah anda memikirkan hal lain saat bermain gim ini?
22.		<i>"I found it tiresome"</i> Apakah anda merasa gim ini melelahkan?
23.		<i>"I felt bored"</i> Apakah anda merasa bosan saat memainkan gim ini?
24.	Efek positif (Positive effect)	<i>"I felt content"</i> Apakah anda merasa nyaman memainkan gim ini?
25.		<i>"I thought it was fun"</i> Apakah anda merasa gim ini menyenangkan?
26.		<i>"I enjoyed it"</i> Apakah anda menikmati gim ini?
27.		<i>"I felt happy"</i> Apakah anda merasa senang memainkan gim ini?

Pertanyaan dari *core questionnaire* tersebut dilakukan dalam sesi bermain responden untuk mengetahui perasaan responden saat bermain gim. Hasil jawaban responden terhadap pertanyaan tersebut dapat dilihat pada Tabel 6.3.

Tabel 6.3 Jawaban Responden Terhadap Core Questionnaire

No. Soal	Skala Psikometrik				
	1	2	3	4	5
1.	0	0	3	1	1
2.	0	0	1	3	1
3.	0	0	3	1	1
4.	0	0	0	3	2
5.	0	0	0	2	3
6.	0	0	0	3	2
7.	0	0	0	1	4
8.	0	0	0	2	3
9.	0	2	2	0	1
10.	0	1	2	1	1
11.	0	0	2	1	2
12.	0	3	1	1	0
13.	1	4	0	0	0
14.	2	3	0	0	0
15.	4	0	1	0	0
16.	0	4	1	0	0
17.	2	2	1	0	0
18.	0	0	1	3	1
19.	1	2	2	0	0
20.	1	4	0	0	0
21.	1	1	1	2	0
22.	2	3	0	0	0
23.	1	2	2	0	0
24.	0	0	3	1	1
25.	0	0	2	1	2
26.	0	0	3	1	1

27.	0	0	2	1	2
-----	---	---	---	---	---

Hasil dari jawaban responden kemudian dihitung rata-rata dan standard deviasinya. Hasil dari pengolahan jawaban responden *core questionnaire* dapat dilihat pada Tabel 6.4.

Tabel 6.4 Mean dan Standard Deviasi Jawaban Core Questionnaire

No.	Komponen	Mean	Std. Dev.
1.	Kompetensi (Competence)	3,9	0,39
2.	Pendalaman (Immersion)	4,6	0,16
3.	Alur (Flow)	3,25	0,6
4.	Tensi (Tension/Annoyance)	1,6	0,2
5.	Tantangan (Challenge)	2,55	0,98
6.	Efek negative (Negative effect)	2,1	0,52
7.	Efek positif (Positive effect)	3,8	0,23

Berdasarkan Tabel 6.4 terlihat bahwa pada komponen kompetensi memiliki *mean* 3,9 dan standard deviasi sebesar 0,39. *Mean* 3,9 menunjukkan bahwa rata-rata responden setuju bahwa responden merasa memiliki kompetensi dalam bermain. Standard deviasi 0,39 menunjukkan bahwa hasil dari pemilihan jawaban tiap responden cukup tersebar pada skala 3 – 5, sehingga rata-rata responden merasakan pengalaman yang cukup berbeda dengan yang lainnya pada komponen kompetensi.

Komponen pendalaman memiliki *mean* 4,6 dan standard deviasi sebesar 0,16. *Mean* 4,6 menunjukkan bahwa rata-rata responden merasa sangat setuju bahwa alur dan tampilan yang disajikan pada gim ini menarik dan dapat dieksplorasi lebih lanjut. Standard deviasi 0,16 menunjukkan bahwa hasil dari pemilihan jawaban tiap responden tidak tersebar dan berpusat pada skala 4 – 5 sehingga sebagian besar responden merasakan pengalaman yang sama dengan yang lainnya.

Komponen alur memiliki *mean* 3,25 dan standard deviasi sebesar 0,6. *Mean* 3,25 menunjukkan bahwa rata-rata responden merasa cukup setuju bahwa responden memberikan konsentrasi dan fokusnya pada gim ini. Standard deviasi 0,6 menunjukkan bahwa hasil dari pemilihan jawaban tiap responden tersebar pada skala 2 – 5 sehingga setiap responden merasakan pengalaman yang berbeda dalam bermain pada komponen pendalaman.

Komponen tensi memiliki *mean* 1,6 dan standard deviasi 0,2. *Mean* 1,6 menunjukkan bahwa rata-rata responden merasa cukup tidak setuju bahwa responden merasakan ketegangan/tensi pada saat bermain gim. Standard deviasi 0,2 menunjukkan bahwa hasil dari pemilihan jawaban tiap responden cukup tersebar pada skala 1 – 3 sehingga setiap responden merasakan pengalaman yang cukup berbeda dalam bermain pada komponen tensi.

Komponen tantangan memiliki *mean* 2,55 dan standard deviasi sebesar 0,98. *Mean* 2,55 menunjukkan bahwa rata-rata responden merasa kurang setuju bahwa gim terlalu sulit maupun merasa tertekan pada saat bermain gim. Standard deviasi 0,98 menunjukkan bahwa hasil dari pemilihan jawaban tiap responden sangat tersebar pada skala 1 – 5 sehingga setiap responden merasakan pengalaman yang cukup berbeda dalam bermain pada komponen tantangan.

Komponen efek negatif memiliki *mean* 2,1 dan standard deviasi sebesar 0,52. *Mean* 2,1 menunjukkan bahwa rata-rata responden merasa kurang setuju bahwa gim memberikan efek negatif seperti membuat responden merasa lelah ataupun membuat perasaan responden memburuk saat bermain gim. Standard deviasi 0,52 menunjukkan bahwa hasil dari pemilihan jawaban tiap responden tersebar pada skala 1 – 4 sehingga setiap responden merasakan pengalaman komponen perasaan negatif yang bervariasi.

Komponen efek positif memiliki *mean* 3,8 dan standard deviasi 0,23. *Mean* 3,8 menunjukkan bahwa rata-rata responden merasa setuju bahwa gim memberikan efek positif seperti responden merasa bahwa gim menyenangkan dan merasa nyaman saat memainkannya. Standard deviasi 0,23 menunjukkan bahwa hasil dari pemilihan jawaban tiap responden cukup tersebar pada skala 3 – 5 sehingga setiap responden merasakan pengalaman komponen perasaan positif yang cukup berbeda.

6.2.3 Post-Game Questionnaire

Post-game questionnaire memiliki 4 komponen. Kuesioner ini diberikan untuk mengetahui perasaan dan pengalaman pemain setelah selesai bermain gim. Komponen dan pertanyaan tersebut terdapat pada Tabel 6.5.

Tabel 6.5 Pertanyaan *Post-Game Questionnaire*

No.	Komponen	Pertanyaan
1.	Pengalaman positif (<i>Positive experience</i>)	<i>"I felt satisfied"</i> Apakah anda merasa mendapat kepuasan setelah memainkan game ini?
2.		<i>"It felt like a victory"</i> Apakah anda merasa seperti pemenang setelah memainkan gim ini?
3.		<i>"I felt energised"</i> Apakah anda merasa bersemangat setelah memainkan gim ini?
4.	Pengalaman negatif (<i>Negative experience</i>)	<i>"I felt ashamed"</i> Apakah anda merasa tidak nyaman setelah memainkan gim ini?
5.		<i>"I felt guilty"</i> Apakah anda merasa bersalah setelah memainkan gim ini?
6.		<i>"I felt regret"</i> Apakah anda merasa menyesal setelah memainkan game ini?
7.	Kelelahan (<i>Tiredness</i>)	<i>"I felt exhausted"</i> Apakah anda merasa kelelahan setelah memainkan gim ini?
8.		<i>"I felt weary"</i> Apakah anda merasa letih setelah memainkan game ini?
9.	Kembali ke realita (<i>Returning to Reality</i>)	<i>"I found it hard to get back to reality"</i> Apakah anda merasa sulit untuk kembali ke realita setelah memainkan gim ini?
10.		<i>"I felt disoriented"</i> Apakah anda merasa kebingungan setelah memainkan gim ini?
11.		<i>"I had a sense that I had returned from a journey"</i> Apakah anda merasa anda baru kembali dari sebuah perjalanan panjang setelah memainkan gim ini?

Pertanyaan dari *post-game questionnaire* tersebut dilakukan setelah sesi bermain selesai untuk mengetahui perasaan yang dirasakan responden setelah bermain gim. Hasil jawaban responden terhadap pertanyaan tersebut dapat dilihat pada Tabel 6.6.

Tabel 6.6 Jawaban Responden Terhadap *Post-Game Questionnaire*

No. Soal	Skala Psikometrik				
	1	2	3	4	5
1.	0	0	2	2	1
2.	0	1	1	2	1
3.	0	0	2	2	1
4.	2	2	1	0	0
5.	3	2	0	0	0
6.	4	1	0	0	0
7.	2	3	0	0	0
8.	3	2	0	0	0
9.	2	3	0	0	0
10.	1	4	0	0	0
11.	1	2	1	0	1

Hasil dari jawaban responden kemudian dihitung rata-rata dan standard deviasinya. Hasil dari pengolahan jawaban responden *post-game questionnaire* dapat dilihat pada Tabel 6.7.

Tabel 6.7 Mean dan Standard Deviasi Jawaban *Post-Game Questionnaire*

No.	Komponen	Mean	Std. Dev.
1.	Pengalaman positif (<i>Positive experience</i>)	3,73	0,11
2.	Pengalaman negatif (<i>Negative experience</i>)	1,47	0,30
3.	Kelelahan (<i>Tiredness</i>)	1,54	0,11
4.	Kembali ke realita (<i>Returning to Reality</i>)	1,47	0,56

Berdasarkan Tabel 6.7 terlihat bahwa pada komponen pengalaman positif memiliki *mean* 3,73 dan standard deviasi sebesar 0,11. *Mean* 3,73 menunjukkan bahwa rata-rata responden merasa setuju bahwa gim memberikan pengalaman positif setelah responden bermain gim. Rata-rata responden merasa bahwa responden mendapat kepuasan dan merasa bersemangat setelah bermain gim ini. Standard deviasi 0,11 menunjukkan bahwa hasil dari pemilihan jawaban tiap responden cukup tersebar pada skala 2 – 5 dengan pertanyaan nomor 2 sebagai pertanyaan yang memiliki jawaban paling bervariasi, sehingga setiap responden merasakan pengalaman komponen positif yang cukup berbeda setelah bermain gim.

Komponen pengalaman negatif memiliki *mean* 1,47 dan standard deviasi sebesar 0,30. *Mean* 1,47 menunjukkan bahwa rata-rata responden merasa tidak setuju bahwa gim memberikan pengalaman negatif setelah responden bermain gim. Standard deviasi 0,30 menunjukkan bahwa hasil dari pemilihan jawaban tiap responden cukup tersebar pada skala 1 – 3 sehingga setiap responden merasakan pengalaman komponen negatif yang cukup bervariasi.

Komponen kelelahan memiliki *mean* 1,54 dan standard deviasi sebesar 0,11. *Mean* 1,54 menunjukkan bahwa rata-rata responden merasa tidak setuju responden merasa kelelahan setelah bermain gim. Standard deviasi 0,11 menunjukkan bahwa hasil dari pemilihan jawaban tiap responden tidak tersebar dan berpusat pada skala 1 – 2 sehingga sebagian besar responden merasakan pengalaman yang sama dengan yang lainnya.

Komponen kembali ke realita memiliki *mean* 1,47 dan standard deviasi sebesar 0,56. *Mean* 1,47 menunjukkan bahwa rata-rata responden merasa tidak setuju responden merasa sulit untuk kembali ke realita setelah bermain gim. Standard deviasi 0,56 menunjukkan bahwa hasil dari pemilihan jawaban tiap responden sangat tersebar pada skala 1 – 5 sehingga setiap responden memiliki pengalaman yang berbeda dalam komponen kembali ke realita.

Berdasarkan dari hasil kuesioner responden setuju bahwa responden merasakan efek positif setelah dan saat selesai memainkan gim tanpa membuat responden merasa kelelahan ataupun merasa sulit lepas dari kenyataan. Nilai *mean* 4,6 dari aspek flow menunjukkan bahwa responden merasa setuju bahwa gim memiliki alur dan fitur yang mengesankan, menandakan bahwa hasil tujuan dari penelitian telah tercapai untuk membuat media pembelajaran alternatif yang menarik dan edukasional.

Selain kuesioner dengan skala psikometrik, terdapat juga pertanyaan mengenai pengalaman dalam bermain gim, serta kritik dan saran yang diberikan oleh responden. 2 dari 5 responden memberikan kritik bahwa *user interface* (UI) dan kontrol dari gimnya perlu ditingkatkan, serta sisa 3 responden memberikan saran bahwa halaman tutorial harusnya ditampilkan pada saat gim pertama dimainkan. Meski begitu, semua responden mengatakan bahwa gimnya menarik dan membantu responden belajar. Kritik, saran, dan tanggapan responden dapat dilihat pada Tabel 6.8.

Tabel 6.8 Kritik, Saran, dan Tanggapan Responden

Nomor Responden	Kritik dan Saran	Tanggapan
1.	"Mungkin lebih baik ditambahkan sedikit tutorial terlebih dahulu"	"Menarik dan mengedukasi"
2.	"Menurut saya, sebaiknya diperbaiki kontrol tombolnya serta peletakannya agar pemain lebih nyaman dalam bermain. Dan juga ditingkatkan lagi agar tidak hanya terbatas hidrokarbon saja melainkan berbagai senyawa ikatan kimia lainnya."	"Game ini menarik, fun, dan mendidik. Game ini sangat membantu dalam memahami bagaimana bentuk ikatan di dalam senyawa kimia. Overall nicee"
3.	"Sebaiknya perlu ditambahin lagi levelnya agar kita bisa tahu lebih banyak tentang tata cara penyusunannya dan sebaiknya perlu ditingkatkan lagi dari segi controller."	"Game ini sangat bagus, dengan game ini kita bisa tahu tentang cara menyusun senyawa kimia dengan baik dan disertai dengan materi yang dapat menambah wawasan kita seperti materi senyawa hidrokarbon dan tata nama IUPAC."
4.	"Sebaiknya beri sedikit tutorial untuk memainkannya"	"Gamenya menarik, menghibur, dan ada ilmu yang dapat kita ambil"
5.	"Mungkin bisa menambahkan panduan bagaimana cara memainkan game tersebut agar pengguna lebih mudah dalam memainkan game tersebut"	"Game nya menarik, hanya butuh panduan agar lebih mudah digunakan"

BAB 7 KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan semua tahapan pengembangan untuk mengembangkan gim “Belajar Hidrokarbon, yuk!”, maka didapatkan kesimpulan, yaitu :

1. *Gameplay* yang menarik bagi pembelajaran siswa sekolah adalah *gameplay* yang memiliki fitur unik yang tidak biasa digunakan, seperti *Augmented Reality* yang memicu siswa untuk menjelajahi dan belajar mengenai materi senyawa hidrokarbon lebih lanjut.
2. Pengujian fungsional gim “Belajar Hidrokarbon, yuk!” dilakukan dengan menggunakan *black-box testing*. *Black-box testing* dilakukan kepada 9 butir fungsional dan menghasilkan tingkat validitas 100% yang berarti semua fungsi berjalan dengan baik.
3. Pengujian user experience dilakukan menggunakan Game Experience Questionnaire (GEQ) terhadap 5 responden. Pemberian kuesioner diberikan sebanyak 2 kali, yaitu untuk mengetahui perasaan responden di dalam sesi bermain gim, dan perasaan responden setelah sesi bermain selesai. Kuesioner menunjukkan hasil yang baik dan rata-rata responden sangat setuju bahwa gim memiliki fitur yang menarik dan edukasional tanpa membuat responden merasa kelelahan ataupun merasa sulit lepas dari kenyataan.

7.2 Saran

Saran untuk pengembangan gim pembelajaran senyawa hidrokarbon secara lebih lanjut adalah:

1. Level yang dibuat dalam penelitian masih sedikit dan kurang beragam. Sebaiknya dibuat level yang lebih banyak dengan tingkat kesulitan yang beragam.
2. Senyawa yang dapat dideteksi oleh penelitian ini hanya senyawa alkana, alkena, dan alkuna. Sebaiknya dibuat fungsi untuk mendeteksi jenis senyawa kimia organik lainnya.
3. Terjemahan untuk pertanyaan pada GEQ masih belum divalidasi oleh *expert*. Sebaiknya dilakukan validasi terjemahan untuk pertanyaan GEQ dari bahasa Inggris menjadi bahasa Indonesia.
4. Proses pengembangan masih menggunakan *framework Mechanics, Dynamics, Aesthetics* (MDA). Sebaiknya digunakan *framework* yang lebih cocok untuk pengembangan *serious gim*, seperti *framework Design, Play, Experience* (DPE).

DAFTAR REFERENSI

- Abozenadah, H., Bishop, A., Bittner, S., Lopez, O., Wiley, C., dan Flatt, P.M., 2017. *Consumer Chemistry: How Organic Chemistry Impacts Our Lives*. CC BY-NC-SA. Tersedia di < <https://wou.edu/chemistry/courses/online-chemistry-textbooks/ch105-consumer-chemistry/> > [Diakses 22 September 2020]
- Altman, D. and Bland, J., 2005. *Standard deviations and standard errors*. BMJ, 331(7521), p.903.
- American Chemical Society, 2019. *Organic Chemistry - American Chemical Society*. [online] Tersedia di < <https://www.acs.org/content/acs/en/careers/college-to-career/areas-of-chemistry/organic-chemistry.html> > [Diakses 11 Dec. 2019].
- Ball, D., 2011. *Introductory chemistry*. Cleveland: Saylor Foundation.
- Boletsis, C., dan McCallum, S., 2013. *The Table Mystery: An Augmented Reality Collaborative Game for Chemistry Education*. Serious Games Development and Applications: 4th International Conference. Trondheim, Norway, 25-27 September 2013. Norway: Gjøvik University College.
- Dileepa, D., 2021. *Branches of Science – The Complete List*. [daring] Science Mirror. Tersedia di : <<https://www.sciencemirror.com/branches-of-science-the-complete-list/>> [Diakses 23 Maret 2021].
- Ehmer, M., dan Khan, F., 2012. *A Comparative Study of White Box, Black Box and Grey Box Testing Techniques*. International Journal of Advanced Computer Science and Applications. 3. 10.14569/IJACSA.2012.030603.
- Flowers, P., Bott, S., Carpenetti, D., Eklund, A., El-Giar, E., Frantz, D., Hooker, P., Kaminski, G., Look, J., Martinez, C., Milliken, T., Moravec, V., Powell, J., Sorensen, T., Sault, A., Theopold, K., Langley, R., Robinson, W. dan Blaser, M., 2019. *Chemistry 2e*. Houston : OpenStax
- Henstam, P., 2018. *How many participants are needed when usability testing physical products? : An analysis of data collected from usability tests conducted on physical products*.
- Hunicke, R., Leblanc, M., dan Zubek, R., 2004. *MDA: A Formal Approach to Game Design and Game Research*. AAAI Workshop - Technical Report. 1.
- Kaufmann, H., dan Schmalstieg, D., 2003. *Mathematics and Geometry Education with Collaborative Augmented Reality*. Computers & Graphics, volume 27, pp.339- 345.
- KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN, 2020. Silabus Terbaru Revisi 2020 Kimia Kelas 11. Jakarta: 2020 [online] Tersedia melalui: Penyedia < <https://guruberbagi.kemdikbud.go.id/rpp/silabus-terbaru-revisi-2020-kimia-kelas-11> > [Diakses 21 September 2020]

Lahallo, C. A. S., Wiranatha, A. A. K. A. C., dan Sasmita, I. G. M. A., 2016. MEDIA PEMBELAJARAN MOLYMOD SENYAWA HIDROKARBON TEKNOLOGI AUGMENTED REALITY BERBASIS ANDROID. MERPATI VOL. 4 NO. 2

Lee, K., 2012. *Augmented Reality in Education and Training*. TechTrends April 2012, Volume 56 No. 2

Likert, R., 1932. *A technique for the measurement of attitudes*. Archives of Psychology, 22(140), 5–53.

Marklund, B., Backlund, P. dan Engstrom, H., 2014. *The Practicalities of Educational Games: Challenges of Taking Games into Formal Educational Settings*. 2014 6th International Conference on Games and Virtual Worlds for Serious Applications (VS-GAMES). Valletta, Malta, 9-12 September 2014. Sweden: The University of Skövde .

Milgram, P., dan Kishino, F., 1994. A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays. IEICE Transactions on Information and Systems vol. E77-D, no. 12

Mukmin, M. dan Sabata, Y., 2017. *CORRELATION BETWEEN THE USE OF GAMES AND STUDENTS' MOTIVATION IN LEARNING ENGLISH*. Jurnal Pendidikan Glasser, Volume 1 No. 2, pp.87-99.

Nidhra, S., 2012. Black Box and White Box Testing Techniques - A Literature Review. International Journal of Embedded Systems and Applications. 2. 29-50. 10.5121/ijesa.2012.2204.

Noemí, P. dan Máximo, S. H., 2014. *Educational Games for Learning*. Universal Journal of Educational Research, Volume 2 , pp.230 – 238

Norman, Kent., 2013. GEQ (Game Engagement/Experience Questionnaire): A Review of Two Papers. Interacting with Computers. 25. 278-283. 10.1093/iwc/iwt009.

Oxford Dictionaries | English, 2019. *game* | Definition of game in English by Oxford Dictionaries. [online] Tersedia di: <<https://en.oxforddictionaries.com/definition/game>> [Diakses 20 Januari 2019].

Poels, K., de Kort, Y. A. W., dan IJsselsteijn, W. A., 2007. *D3.3 : Game Experience Questionnaire: development of a self-report measure to assess the psychological impact of digital games*. Technische Universiteit Eindhoven.

Schreiber, I., 2009. *Level 2: Game Design / Iteration and Rapid Prototyping*. [online] Game Design Unive Concepts. Tersedia di: <<https://gamedesignconcepts.wordpress.com/>> [Diakses 6 May 2019].

Sirhan, G., 2007. Learning Difficulties in Chemistry: an Overview. Journal of Turkish Science Education, Volume 4 No.2, pp.2-10.

Stenros, J., 2016. *The Game Definition Game: A Review*. Games and Culture, Volume 12 No.6.

Sumadi, C. D., Mulyani, S., dan Setyowati, W. A. E., 2015. Pengembangan Media Game Senyawa Hidrokarbon Pada Pembelajaran Kimia Di Sma Batik 1 Surakarta Dan SMA Batik 2 Surakarta. *Jurnal Pendidikan Kimia (JPK)*, Vol. 4 No. 2 Tahun 2015.

Sunyono, Wirya, I. W., Suyanto, E., dan Suyadi, G., 2009. Identifikasi Masalah Kesulitan Dalam Pembelajaran Kimia SMA Kelas X Di Propinsi Lampung. *Journal Pendidikan MIPA (JPMIPA)*, Vol 10, Nomor 2, Juli 2009. Hal: 9 – 18

TAÇGIN, Z., ULUÇAY, N., dan ÖZÜAĞ, E., 2016. Designing and Developing an Augmented Reality Application: A Sample Of Chemistry Education. *JOTCSC*, Volume 1, Ed 1.Pp.147-164.

Viktorov, T., 2015. Challenges in game development : Playtesting and prototyping as important steps in game development. S1. Lahti University of Applied Sciences, Degree program in Business Information Technology. Tersedia di <<http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201502142219>> [Diakses 5 Oktober 2019]

Wu, H.K., Lee , Silvia W.Y., Chang , H.Y., Liang , J.C., 2012. Current Status, Opportunities and Challenges of Augmented Reality in Education. *Computers & Education* 62 (2013) 41–49

Yuen, S.C.Y, Yaoyuneyong, G., dan Johnson, E., 2011. *Augmented Reality: An Overview and Five Directions for AR in Education. Journal of Educational Technology Development and Exchange (JETDE): Vol. 4 : Iss. 1 , Article 11.*