

**PENGEMBANGAN *VIRTUAL CHEMISTRY LAB (VCL)*  
BERBASIS *GOOGLE SITE* UNTUK MENINGKATKAN KETERAMPILAN  
BERPIKIR KRITIS SISWA PADA PEMBELAJARAN KIMIA  
DI SMA NEGERI 20 GARUT**

**TESIS**

Diajukan untuk Memenuhi Syarat Memperoleh Gelar Magister Pendidikan  
Program Studi Teknologi Pendidikan  
Institut Pendidikan Indonesia (IPI) Garut

**Oleh:**

**NURAENI  
22861005**



**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNOLOGI PENDIDIKAN  
SEKOLAH PASCASARJANA  
INSTITUT PENDIDIKAN INDONESIA  
GARUT  
2024**

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**PENGEMBANGAN *VIRTUAL CHEMISTRY LAB (VCL)***  
**BERBASIS *GOOGLE SITE* UNTUK MENINGKATKAN KETERAMPILAN**  
**BERPIKIR KRITIS SISWA PADA PEMBELAJARAN KIMIA**  
**DI SMA NEGERI 20 GARUT**

Oleh :  
**NURAENI**  
**22861005**

DISAHKAN OLEH PEMBIMBING:

Pembimbing I

Pembimbing II

**Prof. Dr. Deni Darmawan, S.Pd., M.Si, M.Kom, MCE**  
NIP. 197112281998021001

**Dr. Dian Rahadian, M.Pd.**  
NIP. 19780305200801003

Mengetahui,

Direktur Sekolah Pascasarjana  
Institut Pendidikan Indonesia Garut

Ketua Program Studi  
Magister Teknologi Pendidikan

**Assoc. Prof. Dr. Asep Nurjamin, M.Pd.**  
NIP. 196203161982041001

**Prof. Dr. Deni Darmawan, S.Pd., M.Si, M.Kom, MCE**  
NIP. 197112281998021001

**LEMBAR PERSETUJUAN**  
**PENGEMBANGAN *VIRTUAL CHEMISTRY LAB (VCL)***  
**BERBASIS *GOOGLE SITE* UNTUK MENINGKATKAN KETERAMPILAN**  
**BERPIKIR KRITIS SISWA PADA PEMBELAJARAN KIMIA**  
**DI SMA NEGERI 20 GARUT**

DISETUJUI OLEH PENGUJI:

Penguji I

**Prof. Dr. Uman Suherman AS, M.Pd.**  
NIP. 196206231986101001

Penguji II

**Dr. Lida Amalia, M.Si.**  
NIP. 196602141994032001

Penguji III

**Dr. Jamilah, S.H., M.Pd.**  
NIP. 196311301993032001

Mengetahui,

Direktur Sekolah Pascasarjana  
Institut Pendidikan Indonesia Garut

Ketua Program Studi  
Magister Teknologi Pendidikan

**Assoc. Prof. Dr. Asep Nurjamin, M.Pd.**  
NIP. 19620316200109003

**Prof. Dr. Deni Darmawan, S.Pd., M.Si, M.Kom, MCE**  
NIP. 197112281998021001

## PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Nuraeni

NIM : 22861005

Proram Studi : Magister Teknologi Pendidikan

Perguruan Tinggi : Institut Pendidikan Indonesia (IPI) Garut

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis yang berjudul **“Pengembangan *Virtual Chemistry Lab (VCL)* Berbasis *Google Site* untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa pada Pembelajaran Kimia di SMA Negeri 20 Garut”**

beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri, dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung resiko/sanksi yang dijatuhkan kepada saya apabila kemudian ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya ini, atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Garut, 31 Oktober 2024

Yang membuat pernyataan,

Nuraeni

NIM 22861005

## ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan *Virtual Chemistry Lab (VCL)* berbasis *Google Site* guna meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa dalam pembelajaran kimia di SMA Negeri 20 Garut. Penelitian ini didasari oleh permasalahan bahwa siswa jarang melakukan praktikum di laboratorium karena keterbatasan fasilitas, sehingga diperlukan laboratorium virtual yang mampu menggantikan atau melengkapi praktikum secara kontekstual. Pengembangan VCL dilakukan menggunakan model ADDIE yang terdiri dari lima tahap: Analisis, Desain, Pengembangan, Implementasi, dan Evaluasi. Pada tahap implementasi, uji coba dilakukan pada siswa kelas XII MIPA untuk mengukur efektivitas VCL dalam pembelajaran materi reaksi redoks dan elektrokimia. Analisis data menggunakan teknik N-Gain digunakan untuk menilai peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa sebelum dan sesudah penggunaan VCL.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan VCL berbasis *Google Site* secara signifikan dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa, dengan rata-rata N-Gain sebesar 0,86 yang berada pada kategori sedang. Temuan ini menunjukkan bahwa VCL dapat menjadi alat yang efektif dalam mendukung pembelajaran kimia dan membantu siswa mengembangkan keterampilan berpikir kritis.

Berdasarkan hasil penelitian ini, disarankan agar sekolah mempertimbangkan pemanfaatan VCL bagi siswa. Selain itu, diperlukan pelatihan bagi guru untuk memaksimalkan penggunaan VCL sebagai bagian dari strategi pembelajaran berbasis teknologi, sehingga dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa secara berkelanjutan.

**Kata Kunci:** *Virtual Chemistry Lab, Google Site, Keterampilan Berpikir Kritis.*

## **ABSTRACT**

*This study aims to develop a Google Site-based Virtual Chemistry Lab (VCL) to improve student's critical thinking skills in chemistry learning at SMA Negeri 20 Garut. This study is based on the problem that students rarely do laboratory experiments due to limited facilities, so a virtual laboratory is needed that can replace or complement laboratory experiments contextually. The development of VCL was carried out using the ADDIE model consisting of five stages: Analysis, Design, Development, Implementation, and Evaluation. At the implementation stage, a trial was conducted on grade XII MIPA students to measure the effectiveness of VCL in learning redox and electrochemical reactions. Data analysis using the N-Gain technique was used to assess the improvement in student's critical thinking skills before and after using VCL.*

*The results showed that the implementation of VCL based on Google Site can significantly improve student's critical thinking skills, with an average N-Gain of 0.86 which is in the moderate category. These findings indicate that VCL can be an effective tool in supporting chemistry learning and helping students develop critical thinking skills.*

*Based on the results of this study, it is recommended that schools consider using VCL for students. In addition, training is needed for teachers to maximize the use of VCL as part of a technology-based learning strategy, so that it can improve student's critical thinking skills in a sustainable manner.*

**Keywords:** *Virtual Chemistry Lab, Google Site, Critical Thinking Skills.*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur peneliti panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, karunia, dan hidayah-Nya sehingga peneliti dapat menyelesaikan tesis yang berjudul “*Pengembangan Virtual Chemistry Lab (VCL) Berbasis Google Site untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa pada Pembelajaran Kimia di SMA Negeri 20 Garut*”. Tesis ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Pendidikan pada Program Studi Teknologi Pendidikan di Institut Pendidikan Indonesia (IPI) Garut.

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh terbatasnya fasilitas laboratorium kimia di SMAN 20 Garut, sehingga diperlukan sumber belajar alternatif yang dapat mengajak siswa pada pembelajaran bermakna. Pemanfaatan teknologi digital melalui *VCL* berbasis *Google Site* diharapkan dapat menjadi solusi dalam menciptakan pengalaman belajar yang interaktif, mudah diakses, dan relevan dengan perkembangan zaman. Dengan adanya media ini, siswa diharapkan mampu meningkatkan keterampilan berpikir kritis meskipun terkendala dengan fasilitas laboratorium fisik yang terbatas.

Peneliti menyadari, penyelesaian tesis ini tidak terlepas dari bantuan dan dukungan berbagai pihak kepada penulis, sehingga sepatutnya pada kesempatan ini peneliti menghaturkan rasa terima kasih kepada :

1. Prof. Dr. Nizar Alam Hamdani, MM., MT., M.Si., M.Kom. selaku Rektor Institut Pendidikan Indonesia (IPI) Garut;
2. Assoc. Prof. Dr. Asep Nurjamin., M.Pd. selaku Direktur Sekolah Pasca sarjana Institut Pendidikan Indonesia (IPI) Garut;

3. Dr. Dian Rahadian., M.Pd selaku wakil Direktur I Sekolah Pascasarjana Institut Pendidikan Indonesia (IPI) Garut, sekaligus sebagai Pembimbing II;
4. Dr. Jamilah, S.H., M.Pd. selaku wakil Direktur II Sekolah Pascasarjana Institut Pendidikan Indonesia (IPI) Garut;
5. Prof. Dr. Deni Darmawan, M.Si., M.Kom., MCE selaku ketua program Magister Teknologi Pendidikan Institut Pendidikan Indonesia (IPI) Garut, sekaligus sebagai Pembimbing I, yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi kepada peneliti selama proses penelitian dan penulisan tesis ini;
6. Seluruh dosen dan staf Sekolah Pascasarjana Institut Pendidikan Indonesia (IPI) Garut, yang telah memberikan ilmu dan dukungan kepada peneliti;
7. Kepala SMA Negeri 20 Garut, beserta seluruh guru dan siswa yang telah mendukung serta berpartisipasi dalam penelitian ini;
8. Rekan-rekan seperjuangan di Program Studi Teknologi Pendidikan Institut Pendidikan Indonesia (IPI) Garut Angkatan ke-19 yang selalu mendukung peneliti dalam penyelesaian tesis ini;

Peneliti menyadari bahwa tesis ini masih memiliki kekurangan. Oleh karena itu, penulis terbuka terhadap saran dan kritik yang membangun demi penyempurnaan karya ini. Semoga tesis ini dapat memberikan kontribusi positif dalam dunia pendidikan, khususnya dalam upaya meningkatkan kualitas pembelajaran kimia.

Garut, 31 Oktober 2024

Peneliti

## DAFTAR ISI

**LEMBAR PENGESAHAN  
LEMBAR PERSETUJUAN  
LEMBAR PERNYATAAN**

<b>ABSTRAK</b> .....	i
<b>ABSTRACT</b> .....	ii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	v
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	vii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	viii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	x

### **BAB I PENDAHULUAN**

A. Latar Belakang Penelitian .....	1
B. Identifikasi Masalah .....	7
C. Pembatasan Masalah .....	8
D. Rumusan Masalah .....	9
E. Tujuan Penelitian .....	9
F. Manfaat Penelitian .....	10
G. Asumsi Penelitian .....	11
H. Definisi Operasional Variabel .....	12
1. <i>Virtual Chemistry Lab (VCL)</i> .....	13
2. <i>Google Site</i> .....	13
3. Keterampilan Berpikir Kritis .....	13

### **BAB II KAJIAN PUSTAKA, KAJIAN TEORITIS, DAN KERANGKA BERPIKIR PENELITIAN**

A. Teknologi Pendidikan .....	15
B. Teknologi Pembelajaran .....	16
C. Pembelajaran Kimia .....	25
D. Kajian Pustaka Penelitian Terdahulu .....	26
E. Kajian Teoritis .....	30
1. Penelitian Perancangan dan Pengembangan .....	30
2. Laboratorium Virtual .....	32
3. <i>Google Site</i> .....	39
4. Berpikir Kritis .....	42
F. Kerangka Berpikir .....	48

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

A. Pendekatan dan Metodologi Penelitian .....	51
B. Desain Penelitian .....	52
1. Tahap Analisis ( <i>Analysis</i> ).....	52
2. Tahap Perancangan ( <i>Design</i> ) .....	54
3. Tahap Pengembangan ( <i>Development</i> ).....	56

4. Tahap Implementasi ( <i>Implementation</i> ) .....	56
5. Tahap Evaluasi ( <i>Evaluation</i> ) .....	56
C. Populasi dan Sampel Penelitian .....	57
D. Operasionalisasi Variabel Penelitian .....	58
E. Instrumen Penelitian .....	63
F. Prosedur Penelitian dan Pengembangan .....	67
G. Teknik Analisa Data .....	68
H. Sistematika Penulisan Tesis .....	72
I. Jadwal Penelitian .....	73

#### **BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

A. Hasil Penelitian.....	75
1. Analisis ( <i>Analysis</i> ) .....	75
2. Desain ( <i>Design</i> ) .....	84
3. Pengembangan ( <i>Develompent</i> ) .....	90
4. Implementasi ( <i>Implementation</i> ) .....	106
5. Evaluasi ( <i>Evaluation</i> ) .....	113
B. Pembahasan .....	118
1. Analisis Kebutuhan.....	118
2. Desain <i>Virtual Chemistry Lab (VCL)</i> .....	122
3. Pengembangan <i>Virtual Chemistry Lab (VCL)</i> .....	122
4. Implementasi .....	129
5. Evaluasi .....	133

#### **BAB V SIMPULAN DAN SARAN**

A. Simpulan .....	135
B. Saran .....	136

#### **DAFTAR PUSTAKA**

#### **LAMPIRAN-LAMPIRAN**

#### **RIWAYAT HIDUP**

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Hasil PSAS Pelajaran Kimia Kelas XII Semester Ganjil	
Tahun Pelajaran 2023/2024 .....	3
Tabel 2.1 Indikator Keterampilan Berpikir Kritis Menurut Ennis .....	44
Tabel 2.2 Indikator Keterampilan Berpikir Kritis Menurut Ahli .....	47
Tabel 3.1 Operasionalisasi Variabel Penelitian .....	61
Tabel 3.2 Interpretasi Kelayakan Produk oleh Ahli Media dan Materi	70
Tabel 3.3 Interpretasi Akseptansi .....	70
Tabel 3.4 Jadwal Penelitian .....	74
Tabel 4.1 Kompetensi Inti Pengetahuan dan Keterampilan .....	77
Tabel 4.2 Kompetensi Dasar Mata Pelajaran Kimia Kelas XII .....	78
Tabel 4.3 Tombol-tombol Navigasi .....	89
Tabel 4.4 Hasil Validasi Konten .....	102
Tabel 4.5 Hasil Validasi Konstruksi Media .....	103
Tabel 4.6 Hasil Angket Akseptabilitas .....	105
Tabel 4.7 Skor Rata-rata Indikator Berpikir Kritis pada Uji Coba ke-1	108
Tabel 4.8 Skor Rata-rata Indikator Berpikir Kritis pada Uji Coba ke-2	109
Tabel 4.9 Skor Rata-rata Indikator Berpikir Kritis pada Uji Coba ke-3	111
Tabel 4.10 Hasil Uji N-Gain .....	116

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pendekatan ADDIE untuk mengembangkan produk .....	31
Gambar 2.2 Paradigma Penelitian .....	49
Gambar 2.3 Paradigma Berpikir .....	50
Gambar 3.1 Desain Penelitian Model ADDIE .....	53
Gambar 4.1 Frekuensi siswa melaksanakan praktikum .....	79
Gambar 4.2 Keinginan siswa melakukan praktikum virtual .....	80
Gambar 4.3 Aktivitas guru mendorong siswa berpikir kritis .....	81
Gambar 4.4 Persepsi siswa tentang kegiatan praktikum .....	82
Gambar 4.5 Ketersediaan sarana <i>handphone</i> siswa .....	83
Gambar 4.6 Harapan siswa terhadap laboratorium virtual .....	84
Gambar 4.7 <i>Flow Chart</i> VCL .....	86
Gambar 4.8 Alur Pembelajaran Model TIME .....	87
Gambar 4.9 Format <i>Storyboard</i> .....	88
Gambar 4.10 Masuk ke Aplikasi <i>Google Sites</i> .....	91
Gambar 4.11 Halaman Beranda VCL .....	92
Gambar 4.12 Halaman Menu Pilihan Kelas .....	93
Gambar 4.13 Halaman Alur Pembelajaran .....	93
Gambar 4.14 Halaman E-Presensi .....	94
Gambar 4.15 Halaman untuk Memilih Materi .....	94
Gambar 4.16 Halaman Praktikum .....	94
Gambar 4.17 Halaman Evaluasi .....	95
Gambar 4.18 Halaman Repositori .....	95

Gambar 4.19 Halaman Deskripsi Tentang VCL .....	95
Gambar 4.20 Menambahkan Konten Teks dan Gambar .....	96
Gambar 4.21 Menambahkan Konten Video dari YouTube .....	97
Gambar 4.22 Menambahkan Konten dari Google Forms .....	98
Gambar 4.23 Menambahkan Tautan pada Gambar .....	98
Gambar 4.24 Pratinjau Menggunakan Laptop atau PC .....	99
Gambar 4.25 Pratinjau Menggunakan Tablet .....	99
Gambar 4.26 Pratinjau Menggunakan <i>Handphone</i> .....	100
Gambar 4.27 Mempublikasikan Produk VCL .....	100
Gambar 4.28 Skor rata-rata 3x tes .....	111
Gambar 4.29 Petunjuk penggunaan VCL.....	114
Gambar 4.30 Diagram hasil validasi ahli materi .....	125
Gambar 4.31 Diagram hasil validasi ahli media .....	128

## **DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran 1.1 SK Dosen Pembimbing Tesis

Lampiran 1.2 Buku Bimbingan Tesis

Lampiran 1.3 Surat Izin Penelitian

Lampiran 3.1 Kisi-kisi Instrumen Tes

Lampiran 3.2 Instrumen Tes

Lampiran 3.3 Instrumen Validasi Materi

Lampiran 3.4 Instrumen Validasi Konstruksi Media

Lampiran 3.5 Instrumen Akseptansi oleh Siswa

Lampiran 3.6 Hasil Uji Coba Instrumen

Lampiran 4.1 Flow Charts VCL

Lampiran 4.2 Storyboard VCL

Lampiran 4.3 Modul Pengembangan VCL Berbasis Google Site

Lampiran 4.4 Hasil Validasi Materi

Lampiran 4.5 Hasil Validasi Konstruksi Media

Lampiran 4.6 Hasil Angket Akseptabilitas

Lampiran 4.7 Tes Subjek Penelitian

Lampiran 4.8 Distribusi Keterampilan Berpikir Kritis

Lampiran 4.9 Hasil Angket Subjek Penelitian

Lampiran 4.10 Dokumentasi Implementasi VCL di Kelompok Uji Coba Terbatas

Lampiran 4.11 Dokumentasi Implementasi VCL di Kelompok Penelitian

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang Penelitian**

Proses belajar harus diarahkan pada pengalaman langsung, yang disebut pengalaman belajar. Hal ini penting untuk membantu siswa mengaitkan teori dengan praktik sehingga mereka dapat memahami lebih baik dan mengembangkan keterampilan yang berhubungan dengan pengalaman tersebut. Pembelajaran Kimia di tingkat SMA menuntut penerapan metode yang inovatif dan efektif untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa.

Menurut Fernanda et al. (2019), prinsip pembelajaran kimia di sekolah menekankan siswa untuk mempelajari konsep kimia secara runtut, terstruktur dan rinci. Siswa tidak hanya menghafal teori, rumus, dan reaksi kimia, akan tetapi siswa dapat memahami konsep kimia dengan baik dan tepat. Selain itu, pembelajaran kimia memiliki tujuan dan fungsi diantaranya adalah untuk memupuk sikap ilmiah yang mencakup sikap kritis terhadap pernyataan ilmiah yaitu tidak mudah percaya tanpa adanya dukungan hasil observasi, memahami konsep-konsep kimia dan penerapannya untuk menyelesaikan masalah dalam kehidupan sehari-hari. Oleh sebab itu, keterampilan berpikir kritis dianggap sebagai keterampilan yang penting untuk dilatih dan dikembangkan dalam pembelajaran kimia.

Salah satu cara yang biasa dilakukan oleh para guru mata pelajaran kimia untuk mengasah keterampilan berpikir kritis siswa adalah dengan membawa siswa dalam kegiatan praktikum di laboratorium. Kegiatan praktikum sangat penting dalam upaya memahami materi-materi kimia karena dengan praktikum dapat

membantu siswa memahami konsep dan teori kimia secara konkret. Siswa dapat melihat bagaimana konsep dan teori diterapkan dalam situasi nyata dan memahami prinsip-prinsip yang mendasari reaksi kimia. Menurut Kadarohman (2011), kegiatan praktikum dapat merangsang keterampilan berpikir kritis siswa. Dalam pengalaman praktikum, siswa sering dihadapkan pada situasi di mana mereka harus merencanakan, menganalisis, dan mengevaluasi hasil eksperimen, yang semuanya membutuhkan keterampilan berpikir kritis.

Berdasarkan pengamatan sementara di SMA Negeri 20 Garut, ditemukan permasalahan dalam pelaksanaan kegiatan praktikum. Dalam tahun pelajaran 2023/2024 dipastikan kegiatan praktikum tidak dilakukan oleh guru-guru kimia karena terbatasnya fasilitas laboratorium. Ruangan yang seharusnya digunakan untuk laboratorium beralih fungsi menjadi ruangan kelas, karena kekurangan kelas. Alat-alat laboratorium dan bahan kimia di SMA Negeri 20 Garut juga masih terbatas dan tidak memadai. Keterbatasan ini menjadi salah satu kendala untuk melaksanakan praktikum kimia yang berdampak pada kesulitan yang dialami siswa dalam memahami konsep kimia serta kurang terlatih dalam keterampilan berpikir kritis.

Selain fasilitas laboratorium yang terbatas, kendala lainnya adalah faktor keamanan. Bahan kimia tertentu yang digunakan dalam praktikum bisa berbahaya dan memerlukan penanganan yang hati-hati. Misalnya zat-zat yang sifatnya asam seharusnya disimpan di lemari asam. Bahan kimia yang tersimpan di dalam lemari asam umumnya bersifat korosif atau asam, yang dapat berbahaya bagi lingkungan sekitar jika terjadi kebocoran atau tumpahan. Lemari asam harus dilengkapi dengan

sistem ventilasi yang baik untuk menghilangkan uap kimia yang dapat berbahaya bagi pengguna dan lingkungan. Lemari asam harus dirancang untuk meminimalkan risiko kecelakaan yang dapat terjadi di laboratorium. Dengan bahan kimia yang disimpan di dalam lemari asam, pengguna dapat bekerja dengan aman tanpa khawatir terpapar bahan kimia yang berbahaya. Karena lemari asam belum ada di laboratorium kimia SMA Negeri 20 Garut, maka kegiatan praktikum yang menggunakan zat-zat asam berbahaya tidak dapat dilaksanakan.

Selain masalah di atas, kegiatan praktikum kimia memerlukan pengadaan bahan kimia, alat-alat laboratorium, dan pengelolaan laboratorium. Hal ini memerlukan biaya yang tidak sedikit. Sementara ini pihak sekolah belum memiliki dana yang cukup untuk menanggung biaya praktikum kimia, sehingga praktikum kimia tidak dapat dilaksanakan. Hal ini tentu menghambat Keterampilan siswa untuk memahami konsep-konsep kimia secara mendalam dan mengaplikasikannya dalam kehidupan sehari-hari. Hasil pengamatan sementara di SMAN 20 Garut, diperoleh data hasil belajar siswa sebagai berikut.

**Tabel 1.1**

**Hasil PSAS Pelajaran Kimia Kelas XII Semester Ganjil Tahun Pelajaran 2023/2024**

No.	Kelas	Jumlah Siswa	KKM	Jumlah Siswa yang mencapai KKM	Persentase Ketercapaian
1.	XII MIPA-1	30	76	10	33,33%
2.	XII MIPA-2	30	76	12	40,00%
3.	XII MIPA-3	29	76	10	34,48%
4.	XII MIPA-4	31	76	11	35,48%
Jumlah		120		43	35,83%

**Sumber** : Guru Mata Pelajaran Kimia Kelas XII

Berdasarkan tabel 1.1, ketercapaian siswa dalam memahami konsep-konsep kimia sangat rendah. Jika dirata-ratakan ketercapaian di tiap kelas hanya mencapai 35,83% dari total siswa kelas XII MIPA. Dari hasil wawancara dengan guru-guru kimia kelas XII MIPA, ternyata keterampilan para siswa dalam berpikir kritis pun sangat rendah. Hal ini nampak selama proses pembelajaran berlangsung, siswa jarang yang berani menyampaikan pendapat atau penjelasan sederhana, masih kesulitan menganalisis masalah atau menyimpulkan, apalagi jika diminta untuk mengevaluasi hasil pengamatan terhadap suatu masalah. Hal ini dimungkinkan karena siswa tidak pernah dilibatkan dalam kegiatan praktikum yang menuntut adanya perencanaan, analisis masalah, dan mengevaluasi hasil eksperimen.

Solusi yang dapat diterapkan untuk mengatasi permasalahan keterbatasan fasilitas laboratorium adalah dengan menggunakan laboratorium virtual, yang memungkinkan siswa untuk melakukan percobaan secara virtual dan mengeksplorasi konsep-konsep kimia dengan cara yang lebih interaktif dan menyenangkan. Melalui laboratorium virtual, siswa dapat belajar tentang sains dan teknologi secara interaktif melalui penggunaan teknologi informasi dan komunikasi (TIK) seperti video, animasi, dan simulasi.

Dalam laboratorium virtual bisa dilakukan simulasi yang menampilkan adegan yang menyerupai lingkungan laboratorium fisik sehingga siswa dapat mempraktikkan prosedur eksperimen, mengamati hasil, dan mengevaluasi data seperti yang dilakukan dalam laboratorium fisik. Laboratorium virtual dapat menyediakan visualisasi yang lebih baik daripada laboratorium fisik, karena dapat menampilkan gambar yang lebih jelas, animasi, dan video. Laboratorium virtual

dapat memberikan pengalaman belajar yang aman dan tidak berisiko karena siswa dapat melakukan eksperimen tanpa khawatir terkena bahan kimia berbahaya atau risiko lainnya yang dapat terjadi dalam lingkungan laboratorium fisik.

Laboratorium virtual memungkinkan akses yang lebih mudah dan fleksibel untuk belajar sains dan teknologi. Siswa dapat mengakses platform ini dari mana saja dan kapan saja dengan menggunakan perangkat yang tersedia, seperti komputer atau tablet. Terkait dengan pembelajaran kimia, Nirwana (2016) mengatakan bahwa melalui laboratorium virtual, simulasi suatu kondisi yang kompleks, terlalu mahal atau berbahaya, yang kadang tidak dapat dilakukan pada kondisi riil, menjadi dapat dilakukan. Secara finansial, membangun sebuah laboratorium virtual juga relatif sangat terjangkau. Laboratorium berbasis komputer ini memungkinkan para siswa atau mahasiswa dapat melakukan praktikum atau eksperimen seolah menghadapi fenomena atau set peralatan laboratorium nyata.

Penelitian yang dilakukan oleh Pratama, *et al.* (2021) dengan judul "*The Effect of Virtual Laboratory and Cognitive Style on Students' Critical Thinking Skills in Chemical Equilibrium Topic*" menunjukkan pengaruh penggunaan laboratorium virtual terhadap keterampilan berpikir kritis siswa dalam pembelajaran kimia di SMA. Penelitian ini dilakukan terhadap 61 siswa kelas XI di salah satu SMA di Kota Bandung menggunakan desain quasi-experimental dengan faktor variabel bebas berupa penggunaan laboratorium virtual dan gaya kognitif siswa. Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah tes keterampilan berpikir kritis dan angket gaya kognitif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa

terdapat pengaruh positif penggunaan laboratorium virtual terhadap keterampilan berpikir kritis siswa dalam pembelajaran kimia.

Penelitian yang dilakukan oleh Setyowati dan Widodo (2019) yang berjudul *"The effect of virtual laboratory on critical thinking skills in chemistry learning"* juga menunjukkan hasil yang serupa. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa penggunaan laboratorium virtual berpengaruh positif terhadap keterampilan berpikir kritis siswa dalam pembelajaran kimia di SMA.

Penelitian lainnya yang dilakukan untuk menguji pengaruh penggunaan laboratorium virtual terhadap keterampilan berpikir kritis siswa dalam pembelajaran kimia di SMA dilakukan oleh Kurniawan & Kaniawati. (2019) dengan judul "Pengembangan Laboratorium Virtual dan Pengaruhnya terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Siswa SMA pada Materi Sifat Koligatif Larutan". Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan pre-test post-test control group design terhadap 60 siswa kelas XI di salah satu SMA di Kota Bandung. Kelas eksperimen menggunakan laboratorium virtual sebagai media pembelajaran, sedangkan kelompok kontrol menggunakan media pembelajaran konvensional. Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah tes keterampilan berpikir kritis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa keterampilan berpikir kritis siswa yang menggunakan laboratorium virtual meningkat secara signifikan dibandingkan dengan siswa yang menggunakan media pembelajaran konvensional. Selain itu, penelitian ini juga menunjukkan bahwa keterampilan berpikir kritis siswa yang menggunakan laboratorium virtual lebih tinggi pada aspek analisis, evaluasi, dan inferensi.

Berdasarkan latar belakang penelitian tersebut di atas, peneliti mengambil judul: Pengembangan *Virtual Chemistry Lab (VCL)* Berbasis Google Site untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa pada Pembelajaran Kimia di SMA Negeri 20 Garut.

Penelitian ini difokuskan pada pengembangan VCL untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa dalam pembelajaran kimia di SMA Negeri 20 Garut. Dengan memanfaatkan VCL, diharapkan siswa dapat melatih keterampilan berpikir kritis mereka dalam menganalisis dan mengevaluasi hasil percobaan virtual.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan pendidikan kimia di tingkat SMA, khususnya dalam memanfaatkan teknologi sebagai sarana pembelajaran yang efektif dan menarik. Dengan demikian, VCL dapat menjadi solusi yang berpotensi untuk mengatasi kendala pembelajaran kimia di sekolah-sekolah dengan sumber daya terbatas. Selain itu, penelitian ini diharapkan dapat memberikan pemahaman lebih lanjut tentang efektivitas dan potensi VCL sebagai media pembelajaran kimia di konteks pendidikan Indonesia.

## **B. Identifikasi Masalah**

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan di atas, maka dapat diidentifikasi masalah-masalah sebagai berikut:

1. Perkembangan media pembelajaran berbentuk Laboratorium Virtual belum dimanfaatkan di lingkungan SMAN 20 Garut.

2. Kegiatan praktikum Kimia di laboratorium fisik jarang dilaksanakan karena keterbatasan sarana prasarana.
3. *Virtual Chemistry Lab (VCL)* masih belum banyak dikembangkan oleh guru mata pelajaran Kimia.
4. Sumber belajar berbasis *mobile* dapat digunakan siswa secara mandiri dan asinkronus.

### C. Pembatasan Masalah

Bertolak dari identifikasi masalah yang telah dikemukakan, maka ruang lingkup masalah yang diteliti dibatasi agar penelitian ini fokus dan terhindar dari penyimpangan permasalahan. Permasalahan dibatasi pada hal-hal sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan di kelas XII MIPA-2 SMAN 20 Garut.
2. Penelitian ini berupa pengembangan *Virtual Chemistry Lab (VCL)* untuk materi pembelajaran Kimia tentang “Reaksi Redoks dan Elektrokimia”, kemudian menguji keefektifan media tersebut dalam pembelajaran.
3. Model pengembangan yang digunakan adalah model ADDIE yang dikembangkan oleh Robert Marine Branch.
4. *Virtual Chemistry Lab (VCL)* yang dikembangkan memanfaatkan laboratorium virtual PhET dan laboratorium maya Rumah Belajar Kemdikbud, kemudian disisipkan ke dalam aplikasi berbasis *Google Site*.
5. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah *Virtual Chemistry Lab (VCL)*, sedangkan variabel terikatnya adalah keterampilan berpikir kritis.

#### **D. Rumusan Masalah**

Dengan latar belakang seperti yang telah dikemukakan di atas, maka peneliti membuat rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana analisis kebutuhan VCL berbasis *Google Site* yang dikembangkan untuk pembelajaran Kimia di SMA?
2. Bagaimana desain VCL berbasis *Google Site* yang dikembangkan untuk pembelajaran Kimia di SMA?
3. Bagaimana pengembangan VCL berbasis *Google Site* yang dikembangkan untuk pembelajaran Kimia di SMA?
4. Bagaimana implementasi VCL berbasis *Google Site* yang dikembangkan dalam proses pembelajaran Kimia di SMA Negeri 20 Garut?
5. Bagaimana evaluasi VCL berbasis *Google Site* yang dikembangkan dalam proses pembelajaran Kimia di SMA Negeri 20 Garut?
6. Bagaimana dampak VCL berbasis *Google Site*, apakah dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa pada pembelajaran Kimia di SMA Negeri 20 Garut?

#### **E. Tujuan Penelitian**

Sesuai rumusan masalah yang dikemukakan, maka tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan *Virtual Chemistry Lab (VCL)* berbasis *Google Site* dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa pada pembelajaran Kimia di SMA Negeri 20 Garut. Secara rinci, tujuan dari penelitian ini diantaranya untuk mengetahui:

1. Analisis kebutuhan VCL berbasis *Google Site* yang dikembangkan untuk pembelajaran Kimia SMA
2. Desain VCL berbasis *Google Site* yang dikembangkan untuk pembelajaran Kimia SMA
3. Pengembangan VCL berbasis *Google Site* yang dikembangkan untuk pembelajaran Kimia SMA
4. Implementasi VCL berbasis *Google Site* yang dikembangkan dalam proses pembelajaran Kimia di SMA Negeri 20 Garut
5. Evaluasi VCL berbasis *Google Site* yang dikembangkan dalam proses pembelajaran Kimia di SMA Negeri 20 Garut
6. Dampak VCL berbasis *Google Site* dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa pada pembelajaran Kimia di SMA Negeri 20 Garut

#### **F. Manfaat Penelitian**

Pengembangan *Virtual Chemistry Lab (VCL)* berbasis *Google Site* ini memiliki beberapa manfaat, di antaranya:

##### **1. Manfaat Teoretis**

- a. Penelitian ini berkontribusi pada literatur tentang penggunaan teknologi digital dalam pembelajaran kimia, khususnya pengembangan laboratorium virtual berbasis web.
- b. Memberikan model alternatif pembelajaran yang mengintegrasikan teknologi informasi untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa, sejalan dengan tuntutan kurikulum abad ke-21.

- c. Menyediakan panduan bagi pengajar kimia untuk merancang media pembelajaran yang memanfaatkan laboratorium virtual dalam situasi keterbatasan laboratorium fisik.

## **2. Manfaat Praktis**

- a. Guru mendapatkan media pembelajaran berbasis teknologi yang menarik, interaktif, dan dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa.
- b. Laboratorium virtual dapat menjadi solusi atas keterbatasan laboratorium fisik, alat, dan bahan di sekolah.
- c. Memberikan pedoman kepada guru dalam mengembangkan dan mengimplementasikan media pembelajaran berbasis *Google Site*.

## **G. Asumsi Penelitian**

Asumsi penelitian adalah pernyataan yang dapat di uji kebenarannya secara empiris berdasarkan pada penemuan, pengamatan dan percobaan dalam penelitian yang dilakukan sebelumnya (Husaini, 2008). Adapun asumsi dari penelitian ini adalah:

1. Laboratorium virtual memberikan pengalaman belajar yang mendalam dan mendukung pembentukan pemahaman konseptual, yang sulit dicapai hanya melalui pembelajaran konvensional. Dalam lingkungan virtual, siswa dapat bereksperimen dengan berbagai skenario, sehingga mereka didorong untuk menganalisis, membuat hipotesis, dan menyelesaikan masalah, yang semuanya merupakan keterampilan penting dalam berpikir kritis. (Susilawati dan Bahtiar, 2019)

2. VCL memungkinkan siswa memperoleh pengalaman praktikum yang mendalam dengan interaktivitas yang didukung oleh teknologi. Dengan menggunakan *Google Site* sebagai platform, pendidik dapat mengintegrasikan berbagai elemen multimedia seperti video, animasi, dan teks interaktif yang membuat pembelajaran lebih menarik dan mudah dipahami oleh siswa. Mereka juga menambahkan bahwa VCL berbasis *Google Site* lebih hemat biaya dan tidak memerlukan peralatan laboratorium yang mahal, menjadikannya solusi praktis bagi sekolah dengan keterbatasan anggaran. (Nugraha dan Mulyani, 2020)
3. Siswa di SMA Negeri 20 Garut diasumsikan memiliki tingkat penerimaan teknologi yang memadai sehingga dapat mengoptimalkan manfaat *Virtual Chemistry Lab (VCL)* berbasis *Google Site* dalam proses pembelajaran kimia
4. Diperkirakan bahwa hasil penelitian sebelumnya tentang pemanfaatan teknologi dalam pendidikan dan pembelajaran dapat memberikan dasar dukungan untuk menguji keefektifan *Virtual Chemistry Lab (VCL)* berbasis *Google Site* dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa (Suherman, 2020).

## H. Definisi Operasional Variabel

Agar tidak terjadi kesalahan dalam mengartikan istilah yang digunakan dalam penelitian ini, maka digunakanlah beberapa definisi operasional variabel.

### 1. *Virtual Chemistry Lab (VCL)*

VCL adalah platform digital yang mensimulasikan lingkungan laboratorium kimia fisik. Platform ini memungkinkan siswa untuk melakukan eksperimen kimia secara interaktif dan aman melalui komputer atau perangkat elektronik lainnya. Tujuan utama dari laboratorium virtual kimia adalah untuk memberikan pengalaman praktis yang mendekati eksperimen laboratorium nyata tanpa risiko, biaya, atau batasan material dan peralatan.

Komponen atau fitur laboratorium virtual biasanya berupa simulasi interaktif, visualisasi reaksi kimia, database alat dan bahan praktikum, prosedur praktikum, serta umpan balik dan penilaian otomatis.

### 2. *Google Site*

*Google Sites* adalah platform pembuatan situs web yang memungkinkan pengguna membuat situs web tanpa keahlian teknis yang mendalam. Meskipun mungkin tidak setinggi platform pembuatan situs web lainnya dalam hal kompleksitas atau keterampilan desain, *Google Sites* menawarkan keuntungan berupa kemudahan penggunaan dan integrasi yang kuat dengan ekosistem Google.

### 3. **Keterampilan Berpikir Kritis**

Keterampilan berpikir kritis adalah kapasitas individu untuk menganalisis, mengevaluasi, dan mensintesis informasi secara objektif dan logis untuk mencapai kesimpulan yang rasional dan beralasan. Berpikir kritis melibatkan proses kognitif yang kompleks, termasuk pengambilan keputusan berdasarkan bukti, pengevaluasian argumen, dan pemecahan masalah. Keterampilan

berpikir kritis meliputi aspek analisis, evaluasi, inferensi, eksplanasi dan metakognisi (refleksi).

Keterampilan berpikir kritis pada siswa perlu terus dikembangkan untuk mempersiapkan mereka menghadapi tantangan di dunia nyata.

## **BAB II**

### **KAJIAN PUSTAKA, KAJIAN TEORITIS, DAN KERANGKA PENELITIAN**

#### **A. Teknologi Pendidikan**

Menurut *AECT (Association for Educational Communications and Technology)*, teknologi pendidikan adalah penggunaan sistem, perangkat, dan sumber daya teknologi untuk meningkatkan pengalaman belajar, pengajaran, dan pengelolaan pendidikan. *AECT* adalah sebuah organisasi profesional yang berfokus pada penelitian dan pengembangan teknologi pendidikan.

*AECT* mengidentifikasi empat domain utama dalam teknologi pendidikan:

1. Pengembangan Pendidikan. Domain ini berkaitan dengan penggunaan teknologi untuk merancang, mengembangkan, dan mengevaluasi program pendidikan. Hal ini mencakup pembuatan kurikulum, desain instruksional, pengembangan materi pembelajaran, dan pengukuran hasil pendidikan.
2. Penggunaan Pendidikan. Domain ini melibatkan penggunaan teknologi dalam proses pengajaran dan pembelajaran. Ini mencakup penggunaan perangkat keras (seperti komputer, proyektor, dan perangkat *mobile*) serta perangkat lunak dan aplikasi (seperti pembelajaran daring, simulasi, dan media interaktif) untuk memfasilitasi pengalaman belajar yang lebih menarik dan efektif.
3. Manajemen Pendidikan. Domain ini berkaitan dengan penggunaan teknologi untuk mengelola administrasi pendidikan dan operasional. Contoh-contoh penggunaan teknologi dalam manajemen pendidikan mencakup sistem

informasi sekolah, manajemen data siswa, dan komunikasi elektronik antara guru, siswa, dan orang tua.

4. Pemecahan Masalah Pendidikan. Domain ini melibatkan penggunaan teknologi sebagai alat untuk mengidentifikasi dan memecahkan masalah dalam konteks pendidikan. Hal ini mencakup penggunaan teknologi untuk penelitian pendidikan, analisis data, dan pengembangan kebijakan pendidikan.

Teknologi pendidikan dapat memberikan manfaat yang signifikan dalam meningkatkan kualitas pendidikan. Dengan memanfaatkan alat dan sumber daya teknologi, pendidikan dapat menjadi lebih interaktif, personal, dan adaptif sesuai dengan kebutuhan individu. Selain itu, teknologi pendidikan juga dapat memfasilitasi akses pendidikan yang lebih luas, melalui pembelajaran jarak jauh dan pendidikan berbasis *online*.

Namun, penting untuk diingat bahwa teknologi pendidikan hanyalah alat, dan keberhasilannya tergantung pada penggunaannya yang tepat oleh pendidik dan siswa. Perencanaan yang baik, pelatihan yang memadai, dan pengawasan yang efektif diperlukan untuk memastikan bahwa teknologi pendidikan digunakan secara efektif dan mendukung tujuan pembelajaran yang diinginkan.

## **B. Teknologi Pembelajaran**

Berdasar pada definisi teknologi pembelajaran menurut AECT tahun 1994, ada lima domain atau bidang garapan teknologi pembelajaran, yaitu desain, pengembangan, pemanfaatan, pengelolaan, dan penilaian. Kelima hal ini merupakan kawasan (domain) teknologi pembelajaran.

Pengertian kawasan teknologi pembelajaran adalah ruang lingkup teknologi pembelajaran, di mana terdiri dari lima kawasan utama dan beberapa sub kawasan. Berikut ini adalah penjabaran lima secara lebih luas kawasan teknologi pembelajaran menurut AECT tahun 1994 yaitu:

1. Kawasan desain

Pentingnya perencanaan untuk menentukan apa saja langkah yang akan ditempuh untuk melangkah dari titik permulaan sampai pada tujuan akhir yang ditentukan. Langkah-langkah yang dirancang dan dilakukan akan memunculkan suatu yang dapat diukur sebagai penilai atau penanda apakah terdapat kesenjangan antara rencana dan praktiknya. Ilustrasi tersebut sejalan dengan penerapan teknologi pembelajaran, khususnya dalam kawasan desain.

Kawasan desain merupakan salah satu kawasan dalam teknologi pembelajaran menurut AECT 1994. Fokus dalam kawasan desain meliputi segenap langkah perencanaan yang dibutuhkan untuk mewujudkan kegiatan pembelajaran yang efektif. Menurut Seels dan Richey (2000:31), kawasan desain mencakup penerapan berbagai teori, prinsip, dan prosedur dalam melakukan perencanaan atau mendesain suatu program atau kegiatan pembelajaran yang dilakukan secara sistemis dan sistematis. Kawasan desain terdiri dari 4 cakupan utama, yaitu desain sistem pembelajaran, desain pesan pembelajaran, strategi pembelajaran dan karakteristik siswa.

Desain sistem pembelajaran adalah prosedur yang terorganisasi dan sistematis untuk:

- Penganalisaan (proses perumusan apa yang akan dipelajari).
- Perancangan (proses penjabaran bagaimana cara mempelajarinya).
- Pengembangan (proses penulisan dan pembuatan atau produksi bahan-bahan belajar).
- Pelaksanaan (pemanfaatan bahan dan strategi pembelajaran)
- Penilaian (proses penentuan ketepatan pembelajaran) (Seels dan Richey, 2000: 33)

Penyusunan bahan ajar perlu untuk direncanakan secara baik. Prosedur yang digunakan dalam mendesain sistem pembelajaran dimaksudkan untuk menghasilkan kegiatan pembelajaran yang efektif dan efisien. Para pakar teknolog pendidikan seperti Dick and Carey, Gagne, Robert Maribe telah banyak mengembangkan berbagai model desain sistem pembelajaran, baik model desain makro (meliputi satu rentang waktu kegiatan pendidikan dan pelatihan tertentu) ataupun model desain mikro (meliputi satu pertemuan kegiatan pembelajaran). Dalam penggunaan model tersebut, disesuaikan dengan kebutuhan pembelajaran yang akan diselenggarakan.

Desain pesan yaitu perencanaan untuk merekayasa bentuk fisik dari pesan agar terjadi komunikasi antara pengirim dan penerima, dengan memperhatikan prinsip-prinsip perhatian, persepsi, dan daya tangkap (Seels dan Richey, 2000: 33-34). Pola desain pesan dirancang dengan maksud untuk menarik titik relevansi antara Keterampilan siswa yang ingin dikembangkan dengan tindakan yang diberikan. Tindakan yang diberikan tersebut berupa menentukan sumber belajar dan pola penyajiannya dengan menggunakan alat,

bahan, teknik, orang, pesan, dan lingkungan. Menurut Warsita (2009:24), terdapat beberapa prinsip dalam desain pesan yang perlu diperhatikan agar dapat pesan dalam bahan ajar dapat disampaikan dengan efektif, yakni : a) Kesiapan dan motivasi (*readiness and motivation*) b) Penggunaan alat pemusat perhatian (*attention directing devices*) c) Partisipasi aktif siswa (*student's active participation*) d) Perulangan (*repetition*) dan e) Umpan balik (*feedback*). Gafur (2012: 21) menambahkan komponen dibatasinya materi yang tidak relevan dalam komponen-komponen desain pesan. Pembatasan materi yang tidak relevan bertujuan agar materi yang disampaikan tidak melenceng sehingga dapat membingungkan siswa.

Cakupan berikutnya pada kawasan desain adalah strategi pembelajaran. Strategi pembelajaran menurut Seels dan Richey (2000: 34) adalah kriteria untuk menentukan kegiatan apa saja yang akan dilakukan pada sebuah pembelajaran. Strategi pembelajaran menjawab pertanyaan mengenai apa saja yang semestinya dilakukan guru dalam proses pembelajaran untuk dapat mengantarkan siswa menguasai kompetensi tertentu. Menurut Warsita (2013:81) strategi instruksional ini merupakan proses memilih dan menyusun kegiatan pembelajaran dalam sesuatu unit pembelajaran seperti urutan, sifat materi, ruang lingkup materi, metode dan media yang paling sesuai untuk mencapai kompetensi pembelajaran.

Cakupan yang terakhir adalah karakteristik siswa. Menurut Warsita (2013: 81) Karakteristik siswa yaitu aspek latar belakang pengalaman siswa yang mempengaruhi terhadap efektivitas proses belajarnya. Karakteristik

siswa mencakup keadaan sosio-psiko-fisik siswa. Secara psikologis, yang perlu mendapat perhatian dari karakteristik siswa yaitu berkaitan dengan kemampuannya (*ability*), baik yang bersifat potensial maupun kecakapan nyata dan kepribadiannya, seperti, sikap, emosi, motivasi serta aspek-aspek kepribadian lainnya. Dalam memberikan sebuah perlakuan tertentu kepada siswa maka pendidik harus memahami beberapa hal yang meliputi:

- a) Analisa kemampuan awal siswa, yang mencakup pengetahuan, keterampilan, dan sikapnya terhadap suatu materi pelajaran.
- b) Analisa tipe kecerdasan siswa. Menurut Gardner (1983), manusia masing-masing memiliki 8 tipe kecerdasan namun dengan tingkatan yang berbeda-beda, meliputi verbal-linguistik, matematis-logis, ruang-visual, intrapersonal, interpersonal, musikal, kinestetik-badani, dan lingkungan. Selain itu, terdapat pula kecerdasan spiritual dan eksistensial. Tugas pendidik adalah mendeteksi kelebihan tipe kecerdasan masing-masing siswa agar dapat memberikan tindakan belajar yang relevan.
- c) Analisa karakteristik siswa. Sebagai referensi, pendidik perlu memahami disiplin ilmu psikologi pendidikan dan perkembangan siswa, khususnya sub kajian karakteristik siswa, yang meliputi karakteristik fisik, moral, intelektual, sosial, emosional, dan spiritual sesuai dengan jenjang fase usia.

Dengan memahami keunikan dari masing-masing karakteristik siswa, diharapkan pendidik dapat memberikan tindakan belajar yang tepat dan dapat merancang kegiatan pembelajaran yang mengakomodir seluruh gaya belajar dari tiap individu.

## 2. Kawasan pengembangan

Menurut Seels dan Richey, (2000: 38) kawasan pengembangan merupakan proses penerjemahan spesifikasi desain ke dalam bentuk fisik. Kawasan pengembangan mencakup banyak variasi teknologi yang digunakan dalam pembelajaran. Fokus kegiatan dalam kawasan pengembangan tidak terlepas dari teori belajar, teori desain pembelajaran dan lain-lain. Kawasan pengembangan bukan berfungsi bebas dari penilaian, pengelolaan atau pemanfaatan melainkan timbul karena dorongan teori dan desain serta harus tanggap terhadap tuntutan penilaian formatif dan praktek pemanfaatan serta kebutuhan pengelolaan.

Anglin (1995: 12) menyatakan bahwa pengembangan pembelajaran merupakan *“system approach that seeks to apply scientifically derived principles to planning, design, creation, implementation, and evaluation”*. Pernyataan tersebut bermakna bahwa pengembangan pembelajaran adalah pendekatan sistem yang mencoba untuk mengaplikasikan secara ilmiah prinsip-prinsip perencanaan, desain, kreasi, penerapan, dan evaluasi keefektifan dan keefesienan pembelajaran.

Dalam kawasan pengembangan terdapat keterkaitan yang kompleks antara teknologi dan teori yang mendorong, baik desain maupun strategi pembelajaran. Pada dasarnya kawasan pengembangan dapat dijelaskan dengan adanya pesan yang didorong oleh isi, strategi pembelajaran yang didorong oleh teori dan manifestasi fisik dari teknologi perangkat keras, perangkat lunak dan bahan pembelajaran.

Kawasan pengembangan ini berakar pada produksi media (Warsita, 2013: 82), melalui proses yang bertahun-tahun perubahan dalam Keterampilan media ini berakibat pada perubahan kawasan. Walaupun perkembangan buku teks dan alat bantu pembelajaran yang lain (teknologi cetak) mendahului film, namun pemunculan film merupakan tonggak sejarah dari gerakan audio-visual ke era teknologi pembelajaran sekarang ini. Kawasan pengembangan terdiri atas 4 cakupan utama, meliputi pengembangan teknologi cetak, teknologi audiovisual, teknologi berbasis komputer, dan teknologi multimedia. Dalam pengembangan media pembelajaran ini, perlu diperhatikan pula kriteria dalam pengembangan media pembelajaran dengan pemanfaatan teknologi multimedia.

Teknologi berbasis komputer merupakan cara-cara memproduksi dan menyampaikan bahan dengan menggunakan perangkat yang bersumber pada mikroprosesor. Pada dasarnya, teknologi berbasis komputer menampilkan informasi kepada siswa melalui tayangan dilayar monitor. Karakteristik teknologi berbasis komputer adalah pembelajaran utamanya diberikan melalui tutorial. Latihan dan perulangan digunakan untuk membantu siswa mengembangkan kefasihan dalam bahan yang telah dipelajari sebelumnya, permainan dan simulasi untuk memberikan kesempatan siswa menggunakan pengetahuan yang baru dipelajari dan sumber data yang memungkinkan siswa untuk mengakses sendiri materi pembelajaran.

Selain itu Seels & Richey (2000) menyebutkan bahwa karakteristik media pembelajaran yang berbasis komputer maupun smartphone adalah (1)

dapat digunakan secara acak sesuai kebutuhan materi yang ingin dibaca, (2) dapat digunakan sesuai dengan keinginan pengguna, (3) menerapkan prinsip kognitif dalam pengembangannya, (4) belajar dapat berpusat pada siswa dengan tingkat interaktivitas tinggi. Jadi dapat disimpulkan bahwa media pembelajaran yang memanfaatkan perangkat komputasi termasuk didalamnya *mobile device* seperti *smartphone* cocok untuk pembelajaran mandiri siswa.

### 3. Kawasan pemanfaatan

Dengan memaksimalkan sumber daya dalam belajar yang tersedia maka akan berdampak dengan meningkatnya efektifitas belajar. Seels dan Richey (2000:50) menyampaikan bahwa pemanfaatan adalah aktifitas menggunakan proses dan sumber untuk belajar. Sedangkan Warsita (2013:84) mengungkapkan bahwa fungsi pemanfaatan sangat penting karena membicarakan kaitan antara siswa dengan bahan belajar atau sistem pembelajaran. Mereka yang terlibat dalam pemanfaatan mempunyai tanggung jawab untuk mencocokkan siswa dengan bahan belajar dan aktivitas yang spesifik, menyiapkan siswa agar dapat berinteraksi dengan bahan belajar dan aktivitas yang dipilih, memberikan bimbingan selama kegiatan, memberikan penilaian atas hasil yang dicapai siswa, serta memasukannya ke dalam prosedur organisasi yang berkelanjutan. Hal itu ditempuh pula melalui prosedur dan landasan yang valid, sehingga sumber belajar yang digunakan relevan dengan tujuan pembelajaran yang ingin dicapai. Terdapat 4 cakupan utama dalam kawasan pemanfaatan (Seels dan Richey, 2000: 46), meliputi pemanfaatan

media, difusi inovasi, implementasi dan institusionalisasi, serta kebijakan dan regulasi.

#### 4. Kawasan pengelolaan

Menurut Warsita (2013: 87) kawasan pengelolaan dilakukan dari mulai administrasi pusat media, program media dan pelayanan media.

Pengelolaan bisa dilakukan dengan membuat pusat media dalam institusi pendidikan. Dalam pusat media tersebut mencakup bahan ajar cetak serta non cetak untuk meningkatkan sumber belajar yang berbasis teknologi dalam kurikulum. Seels dan Richey (2000) menyampaikan terdapat 4 bidang dalam pengelolaan yang terdiri dari pengelolaan proyek, pengelolaan sumber, pengelolaan sistem penyampaian dan pengelolaan informasi.

#### 5. Kawasan evaluasi

Dalam kawasan penilaian terdapat 3 macam penilaian yaitu penilaian program, penilaian proyek, dan penilaian produk. Penilaian program adalah tindakan evaluasi yang menaksir kegiatan pendidikan yang memberikan pelayanan dengan konsisten dan bertahap serta terlibat dalam penyusunan kurikulum (Seels dan Richey, 2000: 60). Selanjutnya merupakan Penilaian proyek yaitu tindakan evaluasi untuk menaksir kegiatan yang dibiayai secara khusus guna melakukan suatu tugas tertentu dalam suatu kurun waktu (Warsita, 2008: 54). Terakhir merupakan penilaian produk yang merupakan evaluasi untuk menilai manfaat isi yang menyangkut benda-benda fisik (Seels dan Richey, 2000: 60).

### C. Pembelajaran Kimia

Menurut Fernanda, *et al.* (2019), prinsip pembelajaran kimia di sekolah menekankan siswa untuk mempelajari konsep kimia secara runtut, terstruktur dan rinci. Siswa tidak hanya menghafal teori, rumus, dan reaksi kimia, akan tetapi siswa dapat memahami konsep kimia dengan baik dan tepat. Selain itu, pembelajaran kimia memiliki tujuan dan fungsi diantaranya adalah untuk memupuk sikap ilmiah yang mencakup sikap kritis terhadap pernyataan ilmiah yaitu tidak mudah percaya tanpa adanya dukungan hasil observasi, memahami konsep-konsep kimia dan penerapannya untuk menyelesaikan masalah dalam kehidupan sehari-hari. Oleh sebab itu, keterampilan berpikir kritis dianggap sebagai keterampilan yang penting untuk dilatih dan dikembangkan dalam pembelajaran kimia.

Berikut adalah beberapa karakteristik pembelajaran kimia menurut beberapa pakar. Johnstone (1993) mengidentifikasi tiga aspek penting dalam pembelajaran kimia, yaitu aspek makro, simbolik, dan partikel. Aspek makro berkaitan dengan pemahaman konsep melalui pengalaman praktis dan observasi langsung. Aspek simbolik melibatkan pemahaman tentang representasi simbolik dalam kimia, seperti rumus kimia dan persamaan reaksi. Aspek partikel menyoroti pentingnya memahami struktur dan sifat partikel-partikel kecil yang membentuk materi.

Sementara Gilbert dan Treagust (2009) menekankan pentingnya penggunaan representasi multiple dalam pembelajaran kimia. Representasi multiple mencakup penggunaan berbagai representasi seperti gambar, model molekul, diagram, dan grafik untuk membantu siswa memahami konsep kimia secara lebih baik. Mereka juga menyoroti pentingnya memahami keterkaitan antara konsep-konsep kimia

dengan fenomena alam nyata. Selain itu, Novak (2002) menekankan pada pentingnya pembelajaran yang bermakna dalam konteks kimia. Pembelajaran kimia yang bermakna melibatkan konstruksi pengetahuan oleh siswa melalui pengalaman yang relevan, mengaitkan konsep-konsep dengan pengalaman siswa sehari-hari, dan menghubungkan konsep-konsep kimia satu sama lain. Pemahaman konsep kimia harus terkait dengan aplikasi praktis dalam kehidupan nyata.

Adapun Taber (2013) menyoroti pentingnya memahami konsep dasar dan prinsip-prinsip kimia secara mendalam sebelum mempelajari konsep yang lebih kompleks. Pembelajaran kimia harus berfokus pada pengembangan konsep dasar yang kuat dan pemahaman yang mendalam terhadap prinsip-prinsip kimia. Hal ini melibatkan pemecahan masalah dan pemikiran kritis untuk mengembangkan pemahaman yang abstrak. Sedangkan Lunetta (1998) menyoroti pentingnya penggunaan pendekatan praktikum dan percobaan dalam pembelajaran kimia. Pembelajaran kimia yang efektif melibatkan eksperimen, pengamatan, dan analisis data untuk memperkuat pemahaman siswa tentang konsep-konsep kimia. Praktikum dan percobaan juga membantu siswa mengembangkan keterampilan praktis dan penerapan konsep dalam situasi nyata.

#### **D. Kajian Pustaka Penelitian Terdahulu**

Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan laboratorium virtual dapat berpengaruh positif terhadap keterampilan berpikir kritis siswa dalam pembelajaran kimia di SMA. Salah satu penelitian yang membahas pengaruh penggunaan laboratorium virtual terhadap keterampilan berpikir kritis siswa dalam

pembelajaran kimia di SMA adalah penelitian yang dilakukan oleh Jannah, et al. (2022) yang berjudul “Pengembangan Media Virtual Lab sebagai Alternatif Praktikum Kimia dalam Pembelajaran Daring di Masa Pandemi COVID-19” menyatakan bahwa media pembelajaran Virtual Lab berbasis Adobe Animate CC materi Karbohidrat dan Protein dinilai oleh ahli materi, ahli media, dan reviewer (Pendidik Kimia SMA/MA) dan berturut-turut mendapatkan persentase keidealan sebesar 90,62% (dengan kategori sangat baik), 95,83% (dengan kategori sangat baik), dan 92,92% (dengan kategori sangat baik). Siswa sebagai responden pengguna media Virtual Lab memberikan respon positif terhadap media ini, yang dideskripsikan dengan perolehan skor respon 88%.

Penelitian lain yang membahas pengaruh penggunaan laboratorium virtual terhadap keterampilan berpikir kritis siswa dalam pembelajaran kimia di SMA adalah penelitian yang dilakukan oleh Pratama, *et al.* (2021) dengan judul "*The Effect of Virtual Laboratory and Cognitive Style on Students' Critical Thinking Skills in Chemical Equilibrium Topic*". Penelitian ini dilakukan terhadap 61 siswa kelas XI di salah satu SMA di Kota Bandung menggunakan desain quasi-experimental dengan faktor variabel bebas berupa penggunaan laboratorium virtual dan gaya kognitif siswa. Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah tes keterampilan berpikir kritis dan angket gaya kognitif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat pengaruh positif penggunaan laboratorium virtual terhadap keterampilan berpikir kritis siswa dalam pembelajaran kimia. Selain itu, penelitian ini juga menunjukkan bahwa gaya kognitif siswa berpengaruh signifikan terhadap

keterampilan berpikir kritis siswa, di mana siswa dengan gaya kognitif *field independent* memiliki keterampilan berpikir kritis yang lebih baik.

Penelitian yang dilakukan oleh Shahril dan Yusrizal (2020) yang berjudul “*The effect of virtual laboratory on critical thinking ability in senior high school chemistry learning*” menunjukkan bahwa penggunaan laboratorium virtual berpengaruh positif terhadap keterampilan berpikir kritis siswa dalam pembelajaran kimia di SMA. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa keterampilan berpikir kritis siswa yang menggunakan laboratorium virtual lebih baik daripada siswa yang tidak menggunakan laboratorium virtual.

Penelitian yang dilakukan oleh Dwiyogo, et al. (2020) juga menunjukkan bahwa penggunaan laboratorium virtual dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa dalam pembelajaran kimia di SMA. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa siswa yang menggunakan laboratorium virtual memiliki keterampilan berpikir kritis yang lebih baik daripada siswa yang tidak menggunakan laboratorium virtual.

Penelitian yang dilakukan oleh Setyowati dan Widodo (2019) yang berjudul “*The effect of virtual laboratory on critical thinking skills in chemistry learning*” juga menunjukkan hasil yang serupa. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa penggunaan laboratorium virtual berpengaruh positif terhadap keterampilan berpikir kritis siswa dalam pembelajaran kimia di SMA.

Penelitian lainnya yang dilakukan untuk menguji pengaruh penggunaan laboratorium virtual terhadap keterampilan berpikir kritis siswa dalam pembelajaran kimia di SMA dilakukan oleh Kurniawan & Kaniawati. (2019)

dengan judul "Pengembangan Laboratorium Virtual dan Pengaruhnya terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Siswa SMA pada Materi Sifat Koligatif Larutan". Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan pre-test post-test *control group design* terhadap 60 siswa kelas XI di salah satu SMA di Kota Bandung. Kelas eksperimen menggunakan laboratorium virtual sebagai media pembelajaran, sedangkan kelompok kontrol menggunakan media pembelajaran konvensional. Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah tes keterampilan berpikir kritis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa keterampilan berpikir kritis siswa yang menggunakan laboratorium virtual meningkat secara signifikan dibandingkan dengan siswa yang menggunakan media pembelajaran konvensional. Selain itu, penelitian ini juga menunjukkan bahwa keterampilan berpikir kritis siswa yang menggunakan laboratorium virtual lebih tinggi pada aspek analisis, evaluasi, dan inferensi.

Sementara penelitian yang dilakukan oleh Mulyatun (2013) yang berjudul "Laboratorium Kimia Virtual: Alternatif Pembelajaran Kimia Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Mahasiswa Tadris Kimia Iain Walisongo Semarang" menunjukkan bahwa dari hasil belajar aspek kognitif, dan afektif yang diperoleh kedua kelompok, diketahui bahwa hasil belajar kimia mahasiswa yang menggunakan media laboratorium kimia virtual lebih baik daripada hasil belajar kimia mahasiswa yang tidak menggunakan media laboratorium kimia virtual, sehingga dapat dikatakan bahwa penggunaan laboratorium kimia virtual efektif untuk meningkatkan hasil belajar kimia mahasiswa tadris Kimia IAIN Walisongo Semarang. Hal ini juga bisa

menjadi bukti empiris tentang efektifitas penggunaan laboratorium virtual dalam pembelajaran kimia.

Dari beberapa hasil penelitian di atas, dapat disimpulkan bahwa penggunaan laboratorium virtual berpengaruh positif terhadap keterampilan berpikir kritis siswa dalam pembelajaran kimia di SMA. Penggunaan laboratorium virtual dapat membantu siswa dalam memahami konsep-konsep kimia secara visual dan dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa dalam memecahkan masalah-masalah yang terkait dengan kimia.

## **E. Kajian Teoritis**

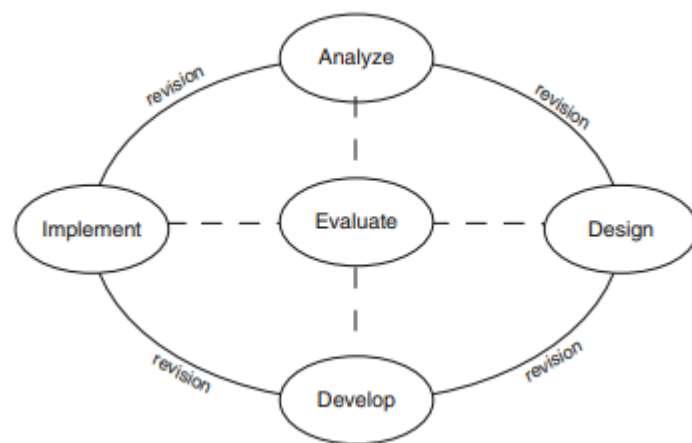
### **1. Penelitian Perancangan dan Pengembangan**

*Research and Development (R&D)* adalah metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan rancangan produk baru, menguji keefektifan produk yang telah ada, serta mengembangkan dan menciptakan produk baru (Sugiyono, 2022). Untuk menghasilkan produk tertentu maka digunakanlah penelitian yang berdasarkan analisis kebutuhan dan untuk menguji keefektifan produk tersebut supaya dapat dan layak digunakan dan berfungsi dengan baik di masyarakat luas, maka diperlukan penelitian untuk menguji keefektifan produk tersebut.

Menurut Borg dan Gall (2003), riset dan pengembangan bidang pendidikan (*R&D*) adalah suatu proses yang yang digunakan untuk mengembangkan dan mengesahkan produk bidang pendidikan. Langkah-langkah dalam proses ini pada umumnya dikenal sebagai siklus *R&D*, yang

terdiri dari: pengkajian terhadap hasil-hasil penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan validitas komponen-komponen pada produk yang akan dikembangkan, mengembangkannya menjadi sebuah produk, pengujian terhadap produk yang dirancang, dan peninjauan ulang dan mengoreksi produk tersebut berdasarkan hasil uji coba. Hal itu sebagai indikasi bahwa produk temuan dari kegiatan pengembangan yang dilakukan mempunyai objektivitas.

Sementara Branch (2009) mengembangkan *Instructional Design* (Desain Pembelajaran) dengan pendekatan ADDIE, yang merupakan perpanjangan dari *Analysis*, *Design*, *Development*, *Implementation*, dan *Evaluation*. Hal ini bisa dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1. Pendekatan ADDIE untuk mengembangkan produk

*Analysis*, berkaitan dengan kegiatan analisis terhadap situasi kerja dan lingkungan sehingga dapat ditemukan produk apa yang perlu dikembangkan. *Design* merupakan kegiatan perancangan produk sesuai dengan yang dibutuhkan. *Development* adalah kegiatan pembuatan dan pengujian produk.

*Implementation* adalah kegiatan menggunakan produk, dan *evaluation* adalah kegiatan menilai apakah setiap langkah kegiatan dan produk yang telah dibuat sesuai dengan spesifikasi atau belum.

Dapat disimpulkan dari definisi diatas bahwa metode penelitian perancangan dan pengembangan merupakan metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan atau mengembangkan suatu produk, dan diuji keefektifan dan kelayakannya.

## **2. Laboratorium Virtual**

Belajar di laboratorium memiliki banyak manfaat dan pentingnya dalam pengalaman pendidikan. Laboratorium memberikan kesempatan bagi siswa untuk mengalami pembelajaran secara langsung dan praktis. Mereka dapat melakukan eksperimen, praktikum, atau aktivitas berbasis praktik yang memungkinkan mereka menerapkan konsep yang dipelajari dalam lingkungan nyata. Dalam laboratorium, siswa dapat mengamati fenomena, melibatkan diri dalam percobaan, dan menganalisis hasil secara langsung. Pengalaman praktis ini membantu siswa memperkuat pemahaman mereka dan menghubungkan konsep teoritis dengan aplikasi praktis. Melalui pengalaman praktis, siswa dapat melihat hubungan sebab-akibat, mengamati variasi dalam hasil, dan memahami konsep-konsep yang kompleks dengan lebih baik. Laboratorium memungkinkan siswa bekerja secara kolaboratif dengan rekan mereka dalam menyelesaikan tugas atau mencari solusi. Mereka dapat berdiskusi, berbagi ide, dan menghadapi tantangan bersama. Ini membantu mengembangkan

keterampilan sosial, kerja tim, dan pemecahan masalah yang penting dalam kehidupan sehari-hari. Laboratorium memberikan pengalaman belajar yang unik dan memungkinkan siswa untuk mengembangkan keterampilan dan pemahaman yang lebih mendalam dalam bidang studi mereka.

Namun keberadaan laboratorium belum merata di setiap sekolah. Di sekolah-sekolah tertentu, mungkin sarana laboratorium itu masih minim, bahkan bangunan fisiknya pun belum ada. Untuk mengatasi masalah ini, maka laboratorium virtual bisa menjadi salah satu alternatif solusi agar siswa tetap memiliki pengalaman belajar di laboratorium, meskipun bangunan fisiknya belum ada.

Laboratorium virtual adalah suatu lingkungan simulasi komputer yang dirancang untuk memungkinkan siswa atau siswa melakukan eksperimen, praktikum, atau observasi secara virtual. Menurut Rezende, *et al.* (2015), laboratorium virtual didefinisikan sebagai suatu sistem yang menggunakan teknologi komputer dan perangkat lunak untuk mensimulasikan dan mereplikasi pengalaman praktikum atau eksperimen di lingkungan virtual, yang memungkinkan siswa untuk melakukan eksperimen, observasi, atau praktikum secara virtual. Sedangkan menurut Sharma dan Gupta (2019), laboratorium virtual didefinisikan sebagai suatu lingkungan komputer berbasis perangkat lunak yang memungkinkan pengguna (siswa atau mahasiswa) untuk melakukan eksperimen, simulasi, atau praktikum secara virtual dengan menggabungkan berbagai elemen multimedia, seperti gambar, video, dan suara. Laboratorium virtual juga diartikan sebagai suatu lingkungan yang

dibangun berbasis komputer yang menyediakan kesempatan bagi pengguna untuk melakukan eksperimen, praktikum, atau simulasi di dunia maya dengan tujuan meningkatkan pemahaman konsep dan keterampilan praktis mereka.

Laboratorium virtual menggunakan teknologi komputer dan perangkat lunak yang memungkinkan pengguna untuk memanipulasi objek, menginteraksi dengan simulasi, dan mempelajari konsep atau proses secara interaktif. Menurut Sutrisno dalam (Hikmah, et al, 2017), laboratorium virtual ini cukup digunakan untuk membantu proses pembelajaran dalam rangka meningkatkan pemahaman materi pada siswa, dan juga cocok digunakan untuk mengantisipasi terhadap ketidaksiapan laboratorium nyata.

Laboratorium virtual adalah sebuah konsep dalam pendidikan di mana teknologi komputer dan perangkat lunak digunakan untuk menciptakan lingkungan virtual yang mensimulasikan pengalaman praktikum, eksperimen, atau aktivitas pembelajaran lainnya. Dalam laboratorium virtual, siswa dapat memanipulasi objek, mengamati fenomena, dan berinteraksi dengan materi pembelajaran secara interaktif.

Laboratorium virtual sebagai media pembelajaran memiliki beberapa keunggulan. Pertama, laboratorium virtual dapat meningkatkan aksesibilitas karena dapat diakses dari berbagai tempat dan kapan saja melalui perangkat komputer dengan koneksi internet. Hal ini mengatasi batasan geografis dan waktu dalam pembelajaran. Kedua, laboratorium virtual memberikan keselamatan kepada siswa karena mereka dapat melakukan eksperimen dan aktivitas praktikum tanpa risiko bahaya fisik yang mungkin terjadi dalam

laboratorium tradisional. Ketiga, laboratorium virtual menyediakan fleksibilitas dalam melakukan percobaan dan simulasi. Siswa dapat mengubah parameter, mengulangi percobaan, dan mengamati hasil dengan cepat. Keempat, laboratorium virtual menyediakan pengalaman belajar yang menarik dan interaktif melalui penggunaan multimedia, animasi, dan visualisasi yang memperkuat pemahaman konsep.

Penggunaan laboratorium virtual sebagai media pembelajaran dapat meningkatkan keterlibatan siswa, memperdalam pemahaman konsep, dan mengembangkan keterampilan praktis. Dengan menggunakan teknologi komputer dan lingkungan virtual, laboratorium virtual memperluas ruang pembelajaran siswa dan memberikan pengalaman belajar yang realistis.

Berdasarkan laporan terbaru oleh Sheorey dalam (Veza *et al.*, 2022), pengalaman virtual yang dirancang dengan baik untuk praktik mungkin bisa menggantikan eksperimen yang sebenarnya. Dalam pemahaman serupa, Brinson dalam (Veza *et al.*, 2022) meneliti hasil pembelajaran laboratorium konvensional versus laboratorium virtual jarak jauh. Di semua kategori hasil pembelajaran, temuannya menunjukkan bahwa laboratorium virtual atau jarak jauh menghasilkan hasil yang setara atau lebih unggul dari laboratorium tradisional. Demikian pula, disebutkan bahwa siswa yang menggunakan laboratorium virtual memperoleh pemahaman konseptual yang lebih dalam dan mengembangkan keterampilan prosedural yang unggul daripada mereka yang menggunakan laboratorium tradisional. Hal ini sesuai dengan pendapat yang dikemukakan oleh Akpan dalam (Mulyatun 2013) dimana simulasi komputer

dalam laboratorium kimia virtual mempunyai kemampuan untuk menyajikan visualisasi gambar yang realistik dan dapat menciptakan lingkungan belajar yang konstruktif sehingga meningkatkan hasil belajar.

Menurut Patrick & Norman (1993), penggunaan laboratorium virtual memiliki beberapa kelebihan diantaranya:

- a. Memberikan aksesibilitas yang lebih besar karena dapat diakses secara daring dari mana saja, kapan saja. Ini memungkinkan siswa untuk belajar tanpa terbatas oleh ruang atau waktu tertentu.
- b. Mengurangi risiko kecelakaan atau paparan bahan berbahaya, yang umumnya terjadi di laboratorium konvensional. Selain itu, dapat membantu mengurangi dampak lingkungan dari limbah kimia.
- c. Memungkinkan simulasi eksperimen yang sulit atau mahal secara nyata. Ini memberikan kesempatan bagi siswa untuk mengulangi percobaan atau mengakses eksperimen yang mungkin tidak dapat diakses di laboratorium tradisional.
- d. Menyediakan pengalaman belajar yang lebih interaktif dan visual, memungkinkan siswa untuk melihat dan memahami konsep kimia secara lebih jelas dan mendalam.
- e. Menyediakan pengalaman belajar yang lebih interaktif dan visual, memungkinkan siswa untuk melihat dan memahami konsep kimia secara lebih jelas dan mendalam.

- f. Membantu siswa dalam memahami dan memetakan konsep-konsep kimia yang kompleks melalui visualisasi yang lebih baik dan pembelajaran berbasis simulasi.

Laboratorium virtual perlu memiliki sejumlah komponen atau fitur yang memastikan fungsionalitas yang optimal, efektivitas, dan pengalaman pengguna yang memuaskan. Fitur-fitur ini dirancang untuk meniru elemen-elemen penting dari laboratorium fisik sambil memanfaatkan keunggulan teknologi digital untuk memperkuat proses pembelajaran dan penelitian. Adapun komponen atau fitur yang sebaiknya ada dalam laboratorium virtual, diantaranya:

- a. Antarmuka Pengguna yang Intuitif dan Mudah Digunakan

Antarmuka harus dibuat agar mudah dipahami dan digunakan oleh pengguna dari berbagai tingkatan, termasuk siswa dan pengajar. Ini mencakup penggunaan ikon yang jelas, navigasi menu yang sederhana, dan instruksi yang tersusun dengan baik. Laboratorium virtual juga perlu menyediakan panduan langkah demi langkah untuk membantu pengguna memahami prosedur eksperimen dan cara penggunaan alat virtual.

- b. Simulasi Interaktif

Pengguna harus memiliki Keterampilan untuk mengubah variabel eksperimen seperti suhu, tekanan, konsentrasi bahan kimia, atau waktu untuk melihat bagaimana perubahan ini memengaruhi hasil. Ini memungkinkan eksplorasi konsep ilmiah dengan cara yang aman dan terkontrol. Simulasi perlu menawarkan representasi visual yang akurat dan

detail dari proses ilmiah, termasuk animasi molekul, reaksi kimia, atau eksperimen fisika. Visualisasi ini membantu memperdalam pemahaman konsep-konsep yang kompleks.

c. Basis Data Reagen dan Peralatan Virtual

Laboratorium virtual harus memiliki basis data yang lengkap mengenai bahan kimia, peralatan, dan alat yang umum digunakan dalam eksperimen, seperti pengukur, pipet, dan mikroskop, yang dapat dipilih dan digunakan oleh pengguna.

d. Pengukuran dan Pengambilan Data Otomatis

Sistem harus mampu melakukan pengukuran variabel secara otomatis dan menyediakan hasil yang akurat dan tepat waktu. Laboratorium virtual harus memungkinkan pengguna untuk mencatat data eksperimen secara digital dan menyimpan data tersebut untuk analisis lebih lanjut. Fitur ini bisa mencakup pencatatan otomatis, ekspor data ke format spreadsheet, dan pembuatan grafik.

e. Umpan Balik dan Penilaian Instan

Sistem harus memberikan umpan balik segera kepada pengguna tentang kesalahan atau langkah yang tepat dalam eksperimen, membantu mereka belajar dari kesalahan dan memperbaiki pemahaman konsep. Laboratorium virtual harus menyediakan sistem penilaian otomatis berdasarkan kinerja pengguna, termasuk skor dan laporan kemajuan, untuk membantu siswa dan pengajar menilai pemahaman dan kemajuan belajar.

f. **Keamanan dan Perlindungan Pengguna**

Semua eksperimen harus dirancang dengan keamanan dalam pikiran, meskipun dilakukan dalam simulasi, dan harus mendidik pengguna tentang praktik keselamatan yang benar. Selain itu, sistem harus memenuhi standar keamanan data yang ketat untuk melindungi informasi pribadi pengguna dan mencegah akses tidak sah.

g. **Aksesibilitas**

Laboratorium virtual harus dapat diakses oleh semua pengguna, dengan desain yang mendukung aksesibilitas seperti kompatibilitas dengan pembaca layar, navigasi keyboard, dan teks alternatif untuk gambar.

h. **Pengembangan Keterampilan Berpikir Kritis dan Penyelidikan Ilmiah**

Dalam laboratorium virtual, pengguna didorong untuk melakukan eksperimen terbuka, merancang, dan menguji hipotesis mereka sendiri, yang membantu mengembangkan keterampilan berpikir kritis dan metodologi ilmiah.

### **3. *Google Sites***

*Google Sites* adalah platform pembuatan situs web yang memungkinkan pengguna membuat situs web tanpa keahlian teknis yang mendalam. Meskipun mungkin tidak setinggi platform pembuatan situs web lainnya dalam hal kompleksitas atau kemampuan desain, *Google Sites* menawarkan keuntungan berupa kemudahan penggunaan dan integrasi yang kuat dengan ekosistem Google.

Para ahli sering mengakui keunggulan *Google Sites* dalam hal kolaborasi dan integrasi. Keterampilan untuk dengan mudah menyematkan konten dari layanan Google lainnya, seperti *Google Docs* atau *Google Calendar*, mempermudah kerja sama tim dan membuat situs web menjadi lebih dinamis.

*Google Sites* memiliki beberapa keunggulan yang signifikan dalam konteks *e-learning*. Berikut adalah beberapa di antaranya:

a. Pembuatan Konten yang Mudah

*Google Sites* menyediakan antarmuka pengguna yang ramah pengguna, membuatnya mudah bagi pengajar atau pembuat konten *e-learning* untuk membuat halaman web tanpa memerlukan keterampilan pengkodean khusus.

b. Integrasi dengan G Suite

*Google Sites* terintegrasi dengan baik dengan alat-alat G Suite seperti *Google Drive*, *Google Docs*, *Google Sheets*, dan lainnya. Ini memungkinkan pengguna untuk dengan mudah menyematkan dan berbagi file atau dokumen dari berbagai aplikasi G Suite.

c. Kolaborasi *Real-time*

Fitur kolaborasi *real-time* memungkinkan beberapa pengguna untuk bekerja bersama-sama pada satu proyek, yang sangat berguna untuk pengajar dan siswa dalam pengaturan *e-learning*.

d. Responsif dan Mudah Diakses

*Google Sites* menghasilkan halaman web yang responsif, artinya dapat diakses dengan mudah dari berbagai perangkat, termasuk komputer, tablet, dan ponsel pintar. Ini memastikan aksesibilitas maksimal untuk peserta *e-learning*.

e. Kustomisasi yang Fleksibel

Pengguna dapat dengan mudah menyesuaikan tata letak dan desain halaman web mereka tanpa kesulitan. Ini memungkinkan penyesuaian yang tepat dengan kebutuhan pembelajaran dan preferensi pengguna.

f. Embedding Konten Multimedia

*Google Sites* mendukung penyisipan konten multimedia seperti video, gambar, dan audio. Ini memberikan pengajar lebih banyak opsi untuk menyajikan materi pembelajaran dengan cara yang menarik dan bervariasi.

g. Pengelolaan Konten yang Efisien

Dengan *Google Drive* terintegrasi, manajemen konten menjadi lebih efisien. File dapat dengan mudah disimpan, diakses, dan dikelola melalui *Google Drive*, memberikan tata kelola yang baik untuk materi pembelajaran.

h. Keamanan dan Hak Akses

*Google Sites* menyediakan kontrol keamanan yang baik, termasuk pengaturan hak akses yang dapat dikonfigurasi. Ini memastikan bahwa hanya pengguna yang berwenang yang dapat mengakses konten tertentu.

i. Integrasi dengan *Google Classroom*

*Google Sites* dapat dengan mudah diintegrasikan dengan *Google Classroom*, yang merupakan platform manajemen kelas yang umum digunakan. Ini memudahkan pengelolaan tugas, pengumuman, dan interaksi antara pengajar dan siswa.

#### 4. Berpikir Kritis

Berpikir kritis sering kali dikategorikan sebagai keterampilan, bukan sekadar kemampuan bawaan. Hal ini dikarenakan berpikir kritis melibatkan proses yang bisa dipelajari, dikembangkan, dan dilatih secara bertahap. Keterampilan ini mencakup kemampuan untuk menganalisis, mengevaluasi, dan membuat keputusan berdasarkan informasi yang relevan.

Sebagai keterampilan, berpikir kritis membutuhkan latihan yang berkelanjutan, terutama dalam konteks pembelajaran. Di lingkungan pendidikan, seperti dalam studi atau sekolah di Indonesia, berpikir kritis sering diajarkan melalui latihan evaluasi argumen, pemecahan masalah, dan keterampilan untuk mengajukan pertanyaan yang reflektif. Semakin sering digunakan, semakin terasah pula keterampilan ini.

Jadi berpikir kritis merupakan salah satu aspek penting dalam proses pembelajaran, terutama di bidang sains seperti kimia. Dalam konteks pendidikan, berpikir kritis dapat didefinisikan sebagai kemampuan seseorang untuk menganalisis, mengevaluasi, dan menyintesis informasi secara logis dan sistematis untuk membuat keputusan atau pemecahan masalah.

Menurut Haryoko (2014), orang yang berfikir kritis adalah orang yang menggunakan proses jelas, terorganisasi dalam kegiatan-kegiatan mental misalnya pemecahan masalah, pengambilan keputusan, proses mempengaruhi orang lain, menganalisis asumsi-asumsi, dan dalam melakukan inquiri yang bersifat ilmiah. Berfikir kritis merupakan keterampilan mengajukan alasan secara terorganisasi, dan sekaligus keterampilan untuk mengevaluasi secara sistematis kualitas dari penalaran yang dilakukan baik oleh dirinya sendiri maupun oleh orang lain.

Berpikir kritis melibatkan keterampilan untuk menganalisis, mengevaluasi, dan menginterpretasikan informasi secara kritis. Ini melibatkan keterampilan untuk mengenali argumen yang kuat, mengevaluasi bukti, mengidentifikasi kelemahan dalam pemikiran, dan membuat kesimpulan berdasarkan penalaran yang rasional. Berpikir kritis dalam pembelajaran memungkinkan siswa untuk melihat isu dari berbagai perspektif, menghadapi tantangan intelektual, dan mengembangkan pemahaman yang lebih mendalam. Hal ini juga membantu siswa untuk mengembangkan keterampilan analitis, logika, dan pemecahan masalah yang esensial dalam berbagai konteks kehidupan.

Standar kompetensi lulusan menurut Permendikbud No. 20 tahun 2016 mengharuskan siswa untuk memiliki keterampilan keterampilan berpikir tingkat tinggi melalui pendekatan ilmiah. Siswa dituntut untuk dapat mengembangkan Keterampilan berpikir tingkat tinggi melalui penerapan pendekatan saintifik pada pembelajaran di sekolah. Menurut Fernanda *et al.*

(2019), keterampilan berpikir tingkat tinggi (*higher order thinking skill*) merupakan gabungan dari berpikir kritis, berpikir kreatif, dan berpikir pengetahuan dasar.

Salah satu kontributor terkenal bagi pengembangan tradisi berpikir kritis adalah Robert Ennis, dia mendefinisikan berpikir kritis adalah pemikiran yang masuk akal yang reflektif yang berfokus untuk memutuskan apa yang mesti dipercaya atau dilakukan. Menurut Ennis (1985) dalam tulisannya berjudul *A Logical Basis for Measuring Critical Thinking Skills*, terdapat lima tahap berpikir kritis dengan masing-masing indikatornya yaitu: (1) memberikan penjelasan sederhana (*elementary clarification*), (2) membangun dasar keputusan (*the basis for a decision*), (3) menyimpulkan dan membuat generalisasi (*inference*), (4) menerapkan prinsip-prinsip logika (*logical inference and application of principles*), (5) membuat dan mengevaluasi keputusan (*advanced clarification and decision-making*). Dari kelima tahapan berpikir kritis ini dikemangkan oleh Ennis menjadi beberapa indikator sebagaimana tampak pada tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1. Indikator Keterampilan Berpikir Kritis Menurut Ennis

Tahapan Berpikir Kritis	Indikator Berpikir Kritis
3. Memberikan penjelasan sederhana ( <i>elementary clarification</i> )	1. Memfokuskan pertanyaan
	2. Menganalisis argumen
	3. Mengajukan pertanyaan klasifikasi
	4. Mendefinisikan istilah
4. Membangun dasar keputusan ( <i>the basis for a decision</i> )	5. Mempertimbangkan kredibilitas sumber

	6. Mengobservasi dan mempertimbangkan hasil observasi
5. Menyimpulkan dan membuat generalisasi ( <i>inference</i> )	7. Menarik inferensi logis
	8. Mengenali pola atau hubungan
	9. Membuat generalisasi
6. Menerapkan prinsip-prinsip logika ( <i>logical inference and application of principles</i> )	10. Mengembangkan argumen
	11. Menggunakan analogi dan perbandingan
7. Membuat dan mengevaluasi keputusan ( <i>advanced clarification and decision-making</i> )	12. Mengambil keputusan berdasarkan bukti
	13. Menimbang alternatif solusi

Adapun menurut Carol Wade dalam Fisher (2009), terdapat lima indikator berpikir kritis, yakni meliputi: (1) Memberikan penjelasan yang sederhana (meliputi: memfokuskan pertanyaan, menganalisis pertanyaan, bertanya dan menjawab pertanyaan tentang suatu penjelasan). (2) Membangun keterampilan dasar (meliputi: mempertimbangkan apakah sumber dapat dipercaya atau tidak, mengamati dan mempertimbangkan suatu laporan hasil observasi). (3) Menyimpulkan (meliputi: mendeduksi dan mempertimbangkan hasil deduksi, mendeduksi dan mempertimbangkan hasil induksi, membuat dan menentukan nilai pertimbangan). (4) Memberikan penjelasan lanjut (meliputi: mendefinisikan istilah dan pertimbangan definisi dalam tiga dimensi, mengidentifikasi asumsi). (5) Mengatur strategi dan taktik (meliputi: menentukan tindakan, berinteraksi dengan orang lain).

Sedangkan menurut Glaser dalam Fisher (2014), indikator-indikator berpikir kritis adalah sebagai berikut:

- a. Mengenal masalah;
- b. Menemukan cara-cara untuk menangani masalah-masalah;
- c. Mengumpulkan dan menyusun informasi yang diperlukan;
- d. Mengenal asumsi-asumsi dan nilai-nilai yang tidak dinyatakan;
- e. Memahami dan menggunakan bahasa yang tepat, jelas, dan khas;
- f. Menganalisis data;
- g. Menilai fakta dan mengevaluasi pernyataan-pernyataan;
- h. Mengenal adanya hubungan yang logis antara masalah-masalah;
- i. Menarik kesimpulan-kesimpulan dan kesamaan-kesamaan yang diperlukan;
- j. Menguji kesamaan-kesamaan dan kesimpulan-kesimpulan yang seseorang ambil;
- k. Menyusun kembali pola-pola keyakinan seseorang berdasarkan pengalaman yang lebih luas;
- l. Membuat penilaian yang tepat tentang hal-hal dan kualitas-kualitas tertentu dalam kehidupan sehari-hari.

Johnson (2010) mengemukakan indikator seseorang menjadi seorang pemikir kritis adalah:

- a. meneliti asumsi/pendapat,
- b. menyelidiki masalah,
- c. mengakui sudut pandang yang berbeda,
- d. mempertimbangkan makna kata,
- e. mencatat keterlibatan dari kesimpulan, dan

f. menilai bukti.

Berdasarkan pendapat tiga ahli di atas, peneliti merangkum indikator berpikir kritis dalam berikut:

Tabel 2.2. Indikator Keterampilan Berpikir Kritis Menurut Ahli

No	Menurut Ennis	Menurut Glaser	Menurut Johnson
1	Memfokuskan pertanyaan	Mengenal masalah	Meneliti asumsi/pendapat
2	Menganalisis argumen	Menemukan cara-cara untuk menangani masalah-masalah	Menyelidiki masalah
3	Mengajukan pertanyaan klasifikasi	Mengumpulkan dan menyusun informasi yang diperlukan	Mengakui sudut pandang yang berbeda
4	Mendefinisikan istilah	Mengenal asumsi-asumsi dan nilai-nilai yang tidak dinyatakan	Mempertimbangkan makna kata
5	Mempertimbangkan kredibilitas sumber	Memahami dan menggunakan bahasa yang tepat, jelas, dan khas	Mencatat keterlibatan dari kesimpulan
6	Mengobservasi dan mempertimbangkan hasil observasi	Menganalisis data	Menilai bukti
7	Menarik inferensi logis	Menilai fakta dan mengevaluasi pernyataan-pernyataan	
8	Mengenali pola atau hubungan	Mengenal adanya hubungan yang logis antara masalah-masalah	
9	Membuat generalisasi	Menarik kesimpulan-kesimpulan dan kesamaan-kesamaan yang diperlukan	
10	Mengembangkan argumen	Menguji kesamaan-kesamaan dan kesimpulan-kesimpulan yang seseorang ambil	

11	Menggunakan analogi dan perbandingan	Menyusun kembali pola-pola keyakinan seseorang berdasarkan pengalaman yang lebih luas	
12	Mengambil keputusan berdasarkan bukti	Membuat penilaian yang tepat tentang hal-hal dan kualitas-kualitas tertentu dalam kehidupan sehari-hari	
13	Menimbang alternatif solusi		

Berdasarkan pendapat ahli tentang indikator berpikir kritis di atas, peneliti mengambil 7 indikator keterampilan berpikir kritis dalam penelitian ini yaitu: 1) mampu merumuskan masalah, 2) mampu merumuskan pemecahan masalah, 3) mampu berargumen yang logis, 4) mampu mengevaluasi hasil pengamatan, 5) mengambil keputusan berdasarkan bukti, dan 6) menarik kesimpulan.

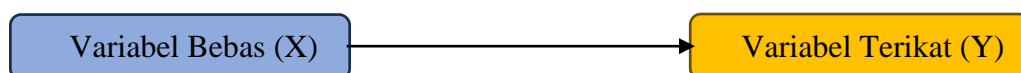
## F. Kerangka Berpikir

Kerangka berpikir merupakan model konseptual tentang bagaimana teori berhubungan dengan berbagai faktor yang telah diidentifikasi sebagai masalah yang penting (Sugiyono, 2021). Fokus dari penelitian ini adalah pengembangan produk *Virtual Chemistry Lab (VCL)* berbasis *Google Site* untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa pada pembelajaran Kimia di SMAN 20 Garut. Dari pengamatan peneliti di SMAN 20 Garut, diketahui bahwa laboratorium fisik jarang digunakan oleh guru Kimia untuk melaksanakan kegiatan praktikum Kimia disebabkan karena minimnya alat dan bahan yang tersedia. Atas dasar tersebut, maka peneliti akan melakukan penelitian pengembangan dengan pendekatan

ADDIE yang diutarakan oleh Robert Maribe Branch pada tahun 2009 yaitu; 1) *analysis*, 2) *design*, 3) *development*, 4) *implementation*, 5) *evaluation*.

Dalam penelitian ini, peneliti akan mengembangkan Laboratorium Kimia Virtual berbasis Google Sites yang kemudian dinamakan *Virtual Chemistry Lab* (VCL). Menurut Sugiyono (2021), untuk menciptakan produk baru yang teruji, maka diperlukan penelitian (*research*) untuk menghasilkan rancangan, dan *development* adalah membuat dan menguji produk yang dihasilkan.

Penelitian ini berawal dari permasalahan yang ditemukan di SMAN 20 Garut, kemudian dianalisis sehingga menghasilkan ide untuk merancang dan mengembangkan VCL. Setelah produk VCL dirancang dan diujikan beberapa kali, dilakukan revisi supaya produk benar-benar layak digunakan. Peneliti mempunyai keyakinan bahwa variabel bebas (VCL) dapat memengaruhi dan meningkatkan variabel terikat (keterampilan berpikir kritis). Oleh karenanya, maka hubungan antar variabel penelitian dapat digambarkan sebagai berikut.

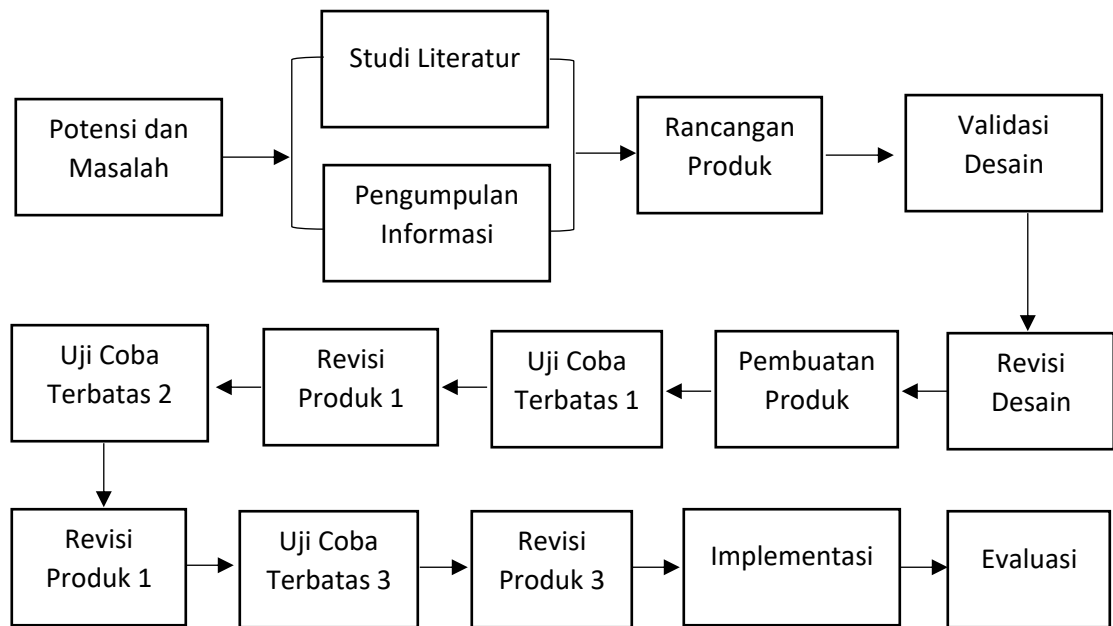


**Gambar 2.2. Paradigma Penelitian**

**Keterangan:**

- Variabel Bebas (X) = Virtual Chemistry Lab  
 Variabel Terikat (Y) = Keterampilan Berpikir Kritis  
 —————> = pengaruh

Secara garis besar, langkah-langkah penelitian dan pengembangan VCL digambarkan dalam kerangka berpikir seperti pada gambar 2.3 berikut.



**Gambar 2.3. Kerangka Berpikir**

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **A. Pendekatan dan Metode Penelitian**

Penelitian yang berjudul "Pengembangan *Virtual Chemistry Lab (VCL)* berbasis *Google Site* untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa pada Pembelajaran Kimia di SMA Negeri 20 Garut" ini menggunakan metode *Research and Development (R&D)* atau penelitian dan pengembangan.

Menurut Sugiyono (2022), metode penelitian dan pengembangan atau *R&D* adalah metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan produk tertentu, dan menguji keefektifan produk tersebut. Untuk menghasilkan produk tertentu maka digunakanlah penelitian yang berdasarkan analisis kebutuhan dan untuk menguji keefektifan produk tersebut supaya dapat dan layak digunakan dan berfungsi dengan baik di masyarakat luas, maka diperlukan penelitian untuk menguji keefektifan produk tersebut. Sedangkan menurut Borg dan Gall (2003), Riset dan pengembangan bidang pendidikan (*R&D*) adalah suatu proses yang digunakan untuk mengembangkan dan mengesahkan produk bidang pendidikan. Sukmadinata (2009) berpendapat bahwa penelitian dan pengembangan atau *R&D* adalah sebuah strategi atau metode yang cukup ampuh untuk memperbaiki praktik.

Lebih lanjut, menurut Darmawan (2013), dalam penelitian *R&D*, para peneliti dihadapkan pada langkah mendesain, menyusun, mengimplementasikan, mengujicobakan, lalu melihat dampak dari hasil uji coba tersebut yang kemudian direvisi. Melalui penelitian ini, maka model yang menjadi ide dasar dan temuan

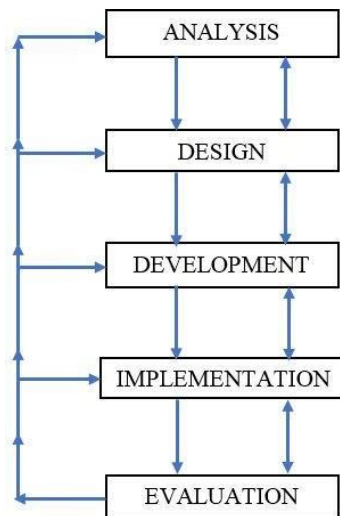
baru sudah dapat digeneralisasikan dan digunakan untuk pemecahan masalah serupa.

Sementara itu, dalam penelitian ini, produk yang dikembangkan adalah program *Virtual Chemistry Lab (VCL)* yang perlu memenuhi standar validitas, kepraktisan, dan keefektifan. Pada penelitian ini perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut:

1. Validasi dilakukan oleh ahli media bidang Teknologi Pendidikan dan ahli materi Kimia, untuk mendapatkan masukan tentang ketepatan rancangan pembelajaran, media yang dikembangkan, serta isi atau materi.
2. Kepraktisan berarti bahwa produk yang dikembangkan dapat diterapkan untuk kasus yang sebenarnya. Pengujian kepraktisan dilakukan untuk mengetahui apakah produk yang dikembangkan mudah digunakan oleh pengguna.
3. Keefektifan dilihat dari persentase ketercapaian hasil test dan meningkatnya keterampilan berpikir kritis siswa.

## **B. Desain Penelitian**

Model pengembangan dalam penelitian ini menggunakan model ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation and Evaluation*) yang dikembangkan oleh Robert Maribe Branch pada tahun 2009 untuk merancang sistem pembelajaran. Model ini dapat digunakan dalam berbagai bentuk pengembangan produk dalam kegiatan pembelajaran dari model, strategi, metode, media dan bahan ajar (Mulyatiningsih, 2019).



**Gambar 3.1.** Desain Penelitian Model ADDIE

Berikut adalah desain penelitian *R&D* yang akan digunakan untuk mengembangkan media pembelajaran *Virtual Chemistry Lab (VCL)*:

### 1. Tahap Analisis (*Analysis*)

- a. Melakukan tinjauan pustaka untuk memahami konsep-konsep dasar dalam pembelajaran kimia, laboratorium virtual, dan Keterampilan berpikir kritis.
- b. Mengidentifikasi tujuan, sasaran, dan cakupan penelitian.
- c. Menganalisis kurikulum dan materi pembelajaran kimia kelas XII MIPA SMA Negeri 20 Garut untuk mengidentifikasi konsep-konsep penting yang perlu diintegrasikan dalam laboratorium virtual.
- d. Menganalisis kebutuhan pembelajaran siswa dan guru untuk mengidentifikasi apakah media pembelajaran yang ada, seperti laboratorium fisik atau metode tradisional, sudah cukup efektif atau tidak dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa.
- e. Menganalisis ketersediaan sarana dan prasarana untuk mengembangkan laboratorium virtual.

## 2. Tahap Perancangan (*Design*)

- a. Merancang kerangka konseptual penelitian yang mencakup variabel-variabel yang akan diteliti, seperti keterampilan berpikir kritis. Mengidentifikasi instrumen penelitian yang akan digunakan, seperti tes keterampilan berpikir kritis.
- b. Menetapkan skrip yang akan digunakan. Skrip merupakan sejumlah naskah perencanaan produksi program yang harus disiapkan oleh perancang pembelajaran berbasis komputer yang mencakup analisis kebutuhan program, hasil telaah konten pembelajaran dan penetapan software pembangun model (Darmawan, 2020). Skrip yang dipilih merupakan bentuk *computer assisted instruction* dengan model tutorial.
- c. Mengumpulkan *stockshoot* berupa gambar, audio, dan materi yang diperlukan. Materi yang digunakan diambil dari beberapa sumber seperti buku paket Kimia SMA kelas XII dan e-modul yang sesuai dengan kurikulum yang berlaku. Gambar dan audio yang relevan dengan materi juga diambil dari berbagai sumber.
- d. Membuat *flowchart* atau diagram alir yang digunakan untuk menggambarkan alur proses media pembelajaran interaktif agar mudah dipahami dan dilalui user secara menyeluruh dan bermakna (Darmawan, 2020).
- e. Alur pembelajaran dimulai dengan tampilan judul dan tombol login yang merujuk ke menu utama. Dalam menu utama terdapat pilihan kelas. Di setiap menu kelas terdapat alur pembelajaran dimulai dari tujuan

pembelajaran, tombol “presensi”, tombol “materi”, tombol “praktikum”, dan tombol “evaluasi” yang disediakan untuk evaluasi mandiri.

- f. Merancang *storyboard Virtual Chemistry Lab (VCL)* yang merupakan penjabaran dari alur pembelajaran yang sudah didesain (*flow charts*) yang berisi informasi pembelajaran dan prosedur serta petunjuk pembelajaran. *Storyboard* menunjukkan apa saja aktivitas yang harus dilakukan siswa selama mengikuti pembelajaran dengan model pembelajaran multimedia yang dibangun (Darmawan, 2020).
- g. Menyusun instrumen penelitian untuk uji kelayakan VCL dalam bentuk angket yang disajikan kepada validator ahli dan responden. Untuk bidang multimedia, pengembang memilih dua validator yaitu dua orang dosen program studi Teknologi Pendidikan, Institut Pendidikan Indonesia (IPI) Garut. Untuk bidang konten Kimia, pengembang memilih dua validator, yaitu satu orang dosen Kimia Universitas Islam Negeri (UIN) SGD Bandung dan satu orang dosen Kimia Universitas Garut (UNIGA). Sementara untuk uji akseptansi VCL dipilih responden sejumlah siswa yang mencoba menggunakan VCL.
- h. Menyusun instrumen penelitian untuk menguji dampak penggunaan VCL terhadap peningkatan keterampilan berpikir kritis dengan membuat soal tes objektif sejumlah 20 butir soal yang disesuaikan dengan kedalaman materi yang dibahas di VCL. Soal evaluasi disematkan di bagian akhir alur pembelajaran VCL. Adapun kisi-kisi soal evaluasi dapat dilihat pada lampiran 3.1.

### 3. Tahap Pengembangan (*Development*)

- a. Mengembangkan *Virtual Chemistry Lab (VCL)* berdasarkan konsep-konsep yang telah diidentifikasi pada tahap perancangan.
- b. Memvalidasi laboratorium virtual yang dikembangkan dengan melibatkan ahli kimia dan ahli teknologi pendidikan. Para ahli akan mengevaluasi konten, keakuratan, kejelasan, dan kesesuaian laboratorium virtual dengan tujuan pembelajaran.
- c. Melakukan revisi berdasarkan umpan balik yang diberikan oleh para ahli.

### 4. Tahap Implementasi (*Implementation*)

- a. Melakukan uji coba penggunaan aplikasi *Virtual Chemistry Lab (VCL)* kepada sejumlah siswa kelas XII MIPA di SMA Negeri 20 Garut.
- b. Mengumpulkan data tentang keterampilan berpikir kritis siswa setelah menggunakan *Virtual Chemistry Lab (VCL)*.
- c. Menganalisis data untuk melihat apakah terdapat peningkatan signifikan dalam keterampilan berpikir kritis setelah menggunakan *Virtual Chemistry Lab (VCL)*.
- d. Mengumpulkan umpan balik dari siswa mengenai pengalaman penggunaan *Virtual Chemistry Lab (VCL)*.
- e. Memperbaiki kekurangan atau masalah yang ditemukan selama uji coba *Virtual Chemistry Lab (VCL)*.

### 5. Tahap Evaluasi (*Evaluation*)

- a. Melakukan uji coba *Virtual Chemistry Lab (VCL)* yang telah direvisi kepada kelompok siswa lainnya di SMA Negeri 20 Garut.

- b. Mengumpulkan data tentang keterampilan berpikir kritis siswa setelah menggunakan laboratorium virtual yang telah direvisi.
- c. Menganalisis data untuk mengevaluasi efektivitas laboratorium virtual dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa.
- d. Menyusun laporan penelitian yang mencakup latar belakang, tujuan penelitian, metodologi, hasil temuan, analisis data, dan kesimpulan.
- e. Memberikan rekomendasi mengenai penggunaan *Virtual Chemistry Lab (VCL)* berbasis *Google Site* untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa dalam pembelajaran kimia di SMA.

### **C. Populasi dan Sampel Penelitian**

Darmawan (2016) berpendapat bahwa populasi adalah sumber data dalam penelitian tertentu yang memiliki jumlah banyak dan luas. Sedangkan menurut Sugiyono (2021), populasi merupakan wilayah generalisasi yang terdiri atas objek/subjek yang memiliki kuantitas dan karakteristik tertentu yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari dan kemudian ditarik kesimpulannya. Populasi dalam penelitian ini adalah siswa kelas XII MIPA di SMA Negeri 20 Garut yang terdiri dari empat rombongan belajar dengan total jumlah siswa sebanyak 120 orang.

Darmawan (2016) menyatakan bahwa sampel terdiri atas subjek penelitian yang menjadi sumber data yang terpilih dari hasil pekerjaan. Sementara Arikunto (2019) berpendapat bahwa sampel adalah sebagian atau wakil populasi yang diteliti. Sedangkan menurut Sugiyono (2021) sampel adalah bagian dari jumlah dan karakteristik yang dimiliki oleh populasi tersebut. Masih dalam Sugiyono (2021),

teknik pengambilan sampel terbagi menjadi dua bentuk yaitu pengambilan sampel dengan cara *probability sampling* dan *non-probability sampling*.

Hal ini diperkuat oleh Darmawan (2016) yang menyatakan hal yang senada. Dalam *probability sampling*, terdapat jenis *simple random sampling* yang digunakan untuk teknis pengambilan sampel pada penelitian ini. Penggunaan teknis ini dirasa tepat karena populasi yang digunakan dalam penelitian ini bersifat homogen. Pengambilan sampel dilakukan sebesar 25 persen dari besarnya populasi. Jadi sampel diambil satu rombongan belajar, yaitu kelas XII MIPA-2.

#### **D. Operasionalisasi Variabel Penelitian**

Operasionalisasi variabel merupakan konsep variabel penelitian yang dirumuskan secara teknis dan terperinci untuk mempermudah pelaksanaan penelitian. Secara operasional, variabel dalam penelitian ini terdiri dari variabel X yaitu pengembangan *Virtual Chemistry Lab (VCL)*, variabel Y berupa Keterampilan berpikir kritis.

Variabel X sebagai variabel independen, yaitu pengembangan *Virtual Chemistry Lab (VCL)*. Menurut Attia et al. (2021), laboratorium virtual didefinisikan sebagai suatu lingkungan yang dibangun berbasis komputer yang menyediakan kesempatan bagi pengguna untuk melakukan eksperimen, praktikum, atau simulasi di dunia maya dengan tujuan meningkatkan pemahaman konsep dan keterampilan praktis mereka. Dalam penelitian ini, ada dua dimensi yang akan diteliti yaitu pengembangan *VCL* dan evaluasi efektivitas *VCL* dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa.

Dalam dimensi pengembangan *VCL*, ada beberapa indikator yang akan digunakan dalam penelitian ini, di antaranya:

1. Pengembangan *VCL* pembelajaran kimia berbasis Google Site:
  - a. Keberhasilan *VCL* dalam menyajikan konsep-konsep kimia secara visual dan interaktif.
  - b. Tingkat keterlibatan guru dalam pengembangan *VCL*.
  - c. Tingkat partisipasi siswa dalam pengujian dan evaluasi *VCL*.
2. Ketersediaan dan aksesibilitas *VCL*:
  - a. Ketersediaan perangkat keras dan perangkat lunak yang diperlukan untuk mengakses *VCL*.
  - b. Ketersediaan jaringan internet yang memadai untuk mengakses *VCL*.
  - c. Kemudahan akses siswa dan guru ke platform *VCL*.
3. Kevalidan dan keandalan *VCL*:
  - a. Kesesuaian isi *VCL* dengan kurikulum kimia yang berlaku.
  - b. Validitas konten *VCL* berdasarkan panduan dan referensi kimia yang diakui.
  - c. Keandalan dan akurasi informasi yang disajikan dalam *VCL*.
  - d. Validitas dan keandalan instrumen evaluasi yang digunakan dalam *VCL*.
4. Keterlibatan siswa dalam penggunaan *VCL*:
  - a. Tingkat partisipasi siswa dalam menjalankan eksperimen virtual di *VCL*.
  - b. Tingkat keterlibatan siswa dalam menghasilkan laporan atau tugas berbasis *VCL*.

- c. Tingkat antusiasme dan minat siswa terhadap penggunaan *VCL* dalam pembelajaran kimia.

Dalam dimensi evaluasi efektivitas *VCL* dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa, beberapa indikator yang akan digunakan dalam penelitian ini di antaranya:

1. Keterampilan berpikir kritis siswa:
  - a. Skor rata-rata siswa dalam tes keterampilan berpikir kritis terkait kimia setelah menggunakan *VCL*.
  - b. Persentase peningkatan skor keterampilan berpikir kritis siswa sebelum dan setelah penggunaan *VCL*.
  - c. Jumlah aspek keterampilan berpikir kritis yang diperoleh siswa setelah menggunakan *VCL*.
  - d. Persentase siswa yang mencapai tingkat keterampilan berpikir kritis yang tinggi setelah menggunakan *VCL*.
2. Tingkat kepuasan siswa terhadap *VCL*:
  - a. Skala penilaian (menggunakan skala Likert) tentang kepuasan siswa terhadap penggunaan *VCL* dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis.
  - b. Persentase siswa yang menyatakan bahwa *VCL* membantu mereka dalam belajar kimia dengan lebih baik.
  - c. Persentase siswa yang merasa lebih termotivasi untuk belajar kimia setelah menggunakan *VCL*.

d. Tingkat minat siswa terhadap pembelajaran kimia setelah menggunakan *VCL*.

3. Persepsi guru terhadap efektivitas *VCL*:

- a. Skala penilaian (menggunakan skala Likert) tentang sejauh mana guru merasa *VCL* efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa.
- b. *Feedback* guru tentang perubahan yang diamati dalam kualitas pemahaman dan berpikir kritis siswa setelah menggunakan *VCL*.
- c. Persepsi guru terhadap keterkaitan *VCL* dengan tujuan pembelajaran kimia yang ditetapkan.

Secara operasional, variabel tersebut dijabarkan dalam tabel berikut:

**Tabel 3.1. Operasionalisasi Variabel Penelitian**

Variabel	Konsep Variabel	Dimensi	Indikator	Skala Data
Variabel X ( <i>Pengembangan Virtual Chemistry Lab, VCL</i> )	Laboratorium virtual didefinisikan sebagai suatu lingkungan yang dibangun berbasis komputer yang menyediakan	Konstruksi Media	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kinerja Program</li> <li>• Sistematika</li> <li>• Estetika</li> <li>• Kualitas narasi dan audio</li> </ul>	Interval

	kesempatan bagi pengguna untuk melakukan eksperimen, praktikum, atau simulasi di dunia maya dengan tujuan meningkatkan pemahaman konsep dan keterampilan praktis mereka (Attia et.al, 2021)		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kualitas video dan atau animasi</li> </ul>	
		Konten Kimia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kesesuaian materi dengan tujuan</li> <li>• Praktikum</li> <li>• Evaluasi</li> </ul>	Interval
		Akseptansi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kesesuaian dengan Tujuan</li> <li>• Kesesuaian dengan Materi</li> <li>• Evaluasi</li> <li>• Desain dan Fasilitas VCL</li> <li>• Efek Pedagogi</li> </ul>	Ordinal
Variabel Y (Keterampilan Berpikir Kritis)	berpikir kritis adalah pemikiran yang masuk akal yang reflektif yang berfokus untuk	Keterampilan Analisis, Sintesis, Evaluasi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Berargumen yang logis</li> <li>• Merumuskan pemecahan masalah</li> </ul>	Ordinal

	memutuskan apa yang mesti dipercaya atau dilakukan (Ennis, 1985)		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mengevaluasi hasil pengamatan</li> <li>• Mengambil Keputusan berdasarkan bukti</li> <li>• Menarik kesimpulan</li> </ul>	
--	--	--	--	--

### **E. Instrumen Penelitian**

Instrumen yang disusun untuk penelitian ini mengacu pada instrumen penilaian multimedia pembelajaran yang dikembangkan oleh Sriadhi. Menurut Sriadhi (2019), instrumen penilaian multimedia pembelajaran merupakan alat yang digunakan untuk mengevaluasi kualitas dan efektivitas penggunaan multimedia dalam proses pembelajaran. Instrumen ini digunakan untuk memastikan bahwa multimedia yang digunakan mampu mencapai tujuan pembelajaran yang diharapkan serta dapat memberikan dampak positif terhadap hasil belajar siswa.

Instrumen ini terdiri dari tiga domain, yaitu:

#### **1. Domain Konten**

Domain konten ditujukan untuk mengevaluasi kesesuaian dan kualitas materi atau isi yang disajikan dalam multimedia pembelajaran. Penilaian terhadap domain konten mencakup beberapa aspek berikut:

- a. Kesesuaian dengan tujuan pembelajaran: Materi yang disajikan harus sesuai dengan kompetensi yang ingin dicapai.
- b. Kejelasan penyampaian informasi: Informasi harus disampaikan secara logis, mudah dipahami, dan tidak ambigu.
- c. Kedalaman materi: Isi harus cukup mendalam sesuai dengan kebutuhan pembelajaran dan tidak terlalu dangkal.
- d. Keakuratan informasi: Konten yang disajikan harus faktual, relevan, dan berdasarkan sumber yang terpercaya.

Butir-butir instrumen validasi materi dapat dilihat pada lampiran 3.3.

## **2. Domain Konstruksi Multimedia**

Domain ini berfokus pada aspek teknis dan desain multimedia yang memengaruhi penggunaan dan efektivitasnya. Beberapa hal yang dinilai dalam domain ini meliputi:

- a. Kualitas desain grafis: Tampilan multimedia harus menarik dan sesuai dengan prinsip desain yang baik, seperti penggunaan warna, font, dan tata letak yang memudahkan navigasi.
- b. Kualitas audio dan video: Komponen audio dan video harus berkualitas baik, jelas, dan mendukung proses pembelajaran.
- c. Interaktivitas: Multimedia harus menyediakan fitur yang memungkinkan siswa berinteraksi dengan materi, seperti tombol navigasi, kuis, atau simulasi.
- d. Kesesuaian teknologi: Konstruksi multimedia harus kompatibel dengan berbagai perangkat dan platform serta mudah diakses oleh pengguna.

Butir-butir instrumen validasi konstruksi media dapat dilihat pada lampiran 3.3.

### **3. Domain Akseptabilitas**

Domain ini mengukur tingkat penerimaan dan kepuasan pengguna terhadap multimedia pembelajaran yang digunakan. Aspek-aspek yang dinilai dalam domain ini antara lain:

- a. Kepuasan pengguna: Seberapa puas siswa dan guru terhadap penggunaan multimedia dalam proses pembelajaran.
- b. Kegunaan (*usability*): Multimedia harus mudah digunakan, intuitif, dan tidak menimbulkan kesulitan teknis bagi pengguna.
- c. Manfaat dalam pembelajaran: Pengguna harus merasa bahwa multimedia tersebut benar-benar membantu meningkatkan pemahaman dan motivasi belajar.

Butir-butir instrumen akseptansi siswa dapat dilihat pada lampiran 3.4. Pengembangan butir item instrumen mengacu kepada referensi dan telah dilakukan uji validitas dan reliabilitas (Sriadhi, 2019). Ketiga domain instrumen tersebut diambil datanya dalam bentuk:

#### **1. Angket Persepsi Siswa**

Angket atau kuesioner (*questionnaire*) merupakan suatu teknik atau alat pengumpulan data secara tidak langsung, dalam arti peneliti tidak langsung melakukan tanya jawab dengan responden. Angket berisi sejumlah pertanyaan atau pernyataan yang harus dijawab atau direspon oleh responden (Sukmadinata, 2009). Angket ini digunakan untuk mengumpulkan data tentang persepsi siswa terhadap

penggunaan laboratorium virtual kimia, termasuk kenyamanan, kejelasan, dan kebermanfaatan laboratorium virtual dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis.

Angket dalam penelitian ini menggunakan Skala Likert untuk mengukur tingkat setuju atau tidak setuju siswa terhadap pernyataan-pernyataan terkait penggunaan laboratorium virtual.

## **2. Observasi dan Catatan Lapangan**

Observasi adalah kegiatan pemusatan perhatian terhadap suatu objek dengan menggunakan seluruh alat indera. Observasi sebagai alat pengumpulan data ini banyak digunakan untuk mengukur tingkah laku ataupun proses terjadinya suatu kegiatan yang dapat diamati dalam situasi yang sebenarnya. (Arikunto, 2019).

Observasi dilakukan oleh peneliti untuk melihat interaksi siswa dengan laboratorium virtual, tingkat partisipasi, serta respon siswa terhadap pembelajaran menggunakan media tersebut. Peneliti mencatat pengamatan, perubahan perilaku, dan catatan-catatan lainnya yang relevan selama penggunaan *Virtual Chemistry Lab (VCL)*.

## **F. Prosedur Penelitian dan Pengembangan**

### **1. Subyek Penelitian**

Subyek penelitian ini meliputi siswa sebagai peserta utama, materi pembelajaran kimia, laboratorium virtual yang dikembangkan, serta interaksi dengan guru kimia yang terlibat dalam proses pengembangan dan evaluasi.

Subyek penelitian terdiri dari siswa-siswa yang terlibat dalam uji coba *Virtual Chemistry Lab (VCL)* dan evaluasi lanjutan. Materi pembelajaran kimia di kelas XII MIPA SMA Negeri 20 Garut yang menjadi fokus penelitian adalah konsep-konsep kimia yang relevan yang dapat diintegrasikan ke dalam laboratorium virtual. Pengembangan VCL berbasis *Google Site* menjadi inti dari penelitian ini. Laboratorium virtual dirancang, dikembangkan, dan dievaluasi dalam konteks pembelajaran kimia di kelas XII MIPA.

Keterampilan berpikir kritis siswa dalam pembelajaran kimia juga menjadi fokus penelitian. Keterampilan berpikir kritis diukur setelah penggunaan *Virtual Chemistry Lab (VCL)*. Penggunaan *Virtual Chemistry Lab (VCL)* diharapkan dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa.

Sementara itu beberapa orang guru kimia yang mengajar di kelas berbeda berperan dalam memberikan umpan balik dan kolaborasi dalam pengembangan VCL. Guru kimia juga memberikan penilaian mengenai efektivitas laboratorium virtual dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa.

## 2. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di SMA Negeri 20 Garut, yang berlokasi di Jalan Surapati No. 19 Kecamatan Singajaya Kabupaten Garut, Jawa Barat.

Tempat ini dipilih atas pertimbangan tertentu, diantaranya:

- a. Adanya indikasi permasalahan yaitu keterbatasan laboratorium fisik karena minimnya alat dan bahan kimia menjadikan kegiatan praktikum jarang sekali dilaksanakan.

- b. Belum ada penelitian yang serupa sebelumnya di SMA Negeri 20 Garut.
- c. Relevan dengan kebutuhan penelitian ini.

Adapun waktu penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus sampai dengan September 2024.

### **G. Teknik Analisis Data**

Analisis data merupakan bagian yang amat penting dalam metode ilmiah, karena dengan analisis data, data tersebut dapat diberi arti dan makna yang berguna dalam memecahkan masalah penelitian (Sugiyono, 2021). Teknik analisis data yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan analisis deskriptif, yaitu uji kelayakan berdasarkan penilaian para pakar dan Uji N-Gain. Kelayakan VCL dari hasil penilaian para pakar dianalisis menggunakan instrumen menurut Sriadhi (2019), sedangkan hasil tes siswa dianalisis menggunakan Uji N-Gain dan perbandingan nilai hasil tes dengan Kriteria Ketuntasan Minimal (KKM) Kimia kelas XII. Secara rinci teknik analisis data diuraikan sebagai berikut:

#### **1. Uji Kelayakan**

Analisis deskriptif dilakukan untuk menilai tingkat kelayakan produk berdasarkan hasil validasi ahli media dan ahli materi.

Menurut Sriadhi (2019), cara menentukan kelayakan dilakukan dengan menghitung mean skor rata-rata setiap aspek penilaian seperti pada persamaan di bawah ini:

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

Untuk penilaian kelayakan secara keseluruhan dilakukan dengan cara yang sama dengan melibatkan semua skor item pada ketiga aspek penilaian dengan rumus:

$$\bar{X}_t = \frac{\sum Xi}{N}$$

Skor jawaban dalam rentangan 1 – 10 ditabulasi dan dihitung skor rata-ratanya. Tingkat kelayakan dibedakan dalam empat kelompok dengan skor rata-rata ideal 5,0 sebagai batas skor kelayakan. Semakin besar skor yang diperoleh maka produk hasil pengembangan semakin baik tingkat kelayakannya. Maka, skor kurang dari ideal diinterpretasikan dalam kategori “tidak layak”, sedangkan presentase dalam kategori “layak” dibedakan dalam tiga tingkatan yaitu “kurang layak”, “layak” dan “sangat layak”. Kriteria dalam pengambilan keputusan melalui validasi konstruksi media dan materi dapat dilihat pada tabel 3.2.

**Tabel 3.2**

**Interpretasi kelayakan produk oleh ahli media dan materi**

<b>No</b>	<b>Interval Mean Skor</b>	<b>Interpretasi</b>
1	8,00 – 10,00	Sangat Layak
2	6,00 – 7,99	Layak
3	5,00 – 6,99	Kurang Layak
4	0 – 4,99	Tidak Layak

Sementara untuk interpretasi pada segmen akseptansi (tingkat penerimaan oleh pengguna) dilakukan melalui hitungan statistik deskriptif. Skor jawaban dalam rentangan 1 – 5 ditabulasi dan dihitung skor rata-ratanya. Tingkat akseptansinya

dibedakan menjadi empat kelompok dengan mean ideal 2,50 sebagai skor batas akseptansi. Kriteria dalam pengambilan keputusan berdasarkan angket akseptansi dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

**Tabel 3.3**  
**Interpretasi akseptansi**

No	Interval Mean Skor	Interpretasi
1	4,17 – 5,00	Akseptansi Sangat Tinggi
2	3,33 – 4,16	Akseptansi Tinggi
3	2,50 – 3,32	Akseptansi Cukup
4	1,00 – 2,49	Akseptansi Rendah

## 2. Uji N Gain

Teknik analisis data N-Gain (*Normalized Gain*) dikembangkan oleh Hake (1998) sebagai metode untuk mengukur peningkatan hasil belajar yang disesuaikan dengan potensi maksimal peningkatan yang dapat terjadi. N-Gain sering digunakan dalam penelitian pendidikan karena memberikan ukuran peningkatan yang lebih komprehensif dibandingkan hanya melihat skor pre-test dan post-test secara langsung. Para ahli statistik mendukung penggunaan N-Gain karena teknik ini mampu menormalisasi perbedaan kemampuan awal peserta didik dan memberikan hasil yang lebih representatif.

Hake adalah salah satu pelopor penggunaan N-Gain dalam bidang pendidikan, terutama dalam mengukur hasil pembelajaran sains. Ia berpendapat bahwa N-Gain adalah alat yang sangat bermanfaat untuk memahami seberapa besar peningkatan yang dicapai oleh peserta didik setelah intervensi pendidikan. Hake

mendefinisikan N-Gain sebagai "gain yang dinormalisasi" yang dihitung dari perbedaan antara skor post-test dan pre-test, dinormalisasi oleh potensi peningkatan maksimal (perbedaan antara skor pre-test dan skor maksimum).

Meltzer (2002) menekankan bahwa N-Gain adalah ukuran yang berguna karena memperhitungkan perbedaan dalam kemampuan awal peserta didik, yang dapat memengaruhi hasil belajar mereka. Dengan menghitung N-Gain, kita dapat melihat peningkatan relatif terhadap kemampuan awal peserta didik, yang berarti siswa dengan skor pre-test rendah masih dapat menunjukkan peningkatan yang signifikan dibandingkan siswa dengan skor awal yang tinggi. Anderson (2007) menambahkan bahwa N-Gain memberikan keuntungan dalam mengevaluasi hasil belajar dalam konteks kelas yang heterogen, di mana kemampuan awal siswa bisa sangat bervariasi. Dalam kelas yang terdiri dari siswa dengan beragam tingkat kemampuan, N-Gain dapat membantu membandingkan hasil peningkatan tanpa terpengaruh oleh bias skor awal.

Rumus N-Gain adalah sebagai berikut:

$$\text{N-Gain} = \frac{\text{Skor Post-test} - \text{Skor Pre-test}}{\text{Skor Maksimum} - \text{Skor Pre-test}}$$

Dimana:

- Skor Pre-test: Skor yang diperoleh siswa sebelum perlakuan atau intervensi.
- Skor Post-test: Skor yang diperoleh siswa setelah perlakuan atau intervensi.
- Skor Maksimum: Skor tertinggi yang mungkin dicapai pada tes tersebut.

Nilai N-Gain menunjukkan tingkat efektivitas intervensi dalam meningkatkan hasil belajar siswa. Nilai N-Gain dihitung untuk setiap siswa atau untuk rata-rata kelompok siswa.

Nilai N-Gain biasanya dikategorikan menjadi tiga tingkatan untuk menilai peningkatan yang terjadi:

- **N-Gain tinggi:** jika  $N - Gain > 0.7$
- **N-Gain sedang:** jika  $0.3 < N - Gain \leq 0.7$
- **N-Gain rendah:** jika  $N - Gain \leq 0.3$

Interpretasi Hasil N-Gain adalah sebagai berikut:

- N-Gain tinggi menunjukkan bahwa intervensi atau perlakuan sangat efektif dalam meningkatkan hasil belajar.
- N-Gain sedang menunjukkan adanya peningkatan yang cukup berarti tetapi belum optimal.
- N-Gain rendah menunjukkan bahwa intervensi kurang efektif, dan peningkatan hasil belajar masih minimal.

Teknik N-Gain digunakan karena mampu memberikan evaluasi yang adil dan komprehensif terhadap peningkatan hasil belajar siswa, memperhitungkan kondisi awal, dan menghilangkan bias yang mungkin muncul jika hanya menggunakan perbedaan langsung antara skor pre-test dan post-test.

## **H. Sistematika Penulisan Tesis**

Sistematika penulisan tesis ini terdiri dari lima bab sebagai berikut:

- Bab 1 Pendahuluan, berisi latar belakang penelitian, rumusan masalah, identifikasi masalah, pembatasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan asumsi penelitian.
- Bab 2 berisi kajian pustaka, kajian teoritis, dan kerangka pemikiran
- Bab 3 Metodologi Penelitian, berisi metode penelitian, desain penelitian, oprasionalisasi variabel penelitian, prosedur penelitian dan pengembangan, instrument penelitian, teknik analisis data, sistematika penulisan tesis, dan jadwal penelitian
- Bab 4 berisi hasil penelitian dan pembahasan
- Bab 5 Penutup, berisi simpulan dan rekomendasi

## **I. Jadwal Penelitian**

Penelitian ini dilakukan mulai bulan Januari 2024 dengan Pra-Penelitian yang dilakukan kepada responden siswa kelas XII untuk menganalisis kebutuhan siswa serta mengidentifikasi masalah di SMAN 20 Garut. Dari hasil identifikasi masalah, disusun usulan penelitian untuk mengembangkan VCL yang diseminarkan pada bulan Maret 2024. Serangkaian tahap penelitian berdasarkan model ADDIE dilaksanakan mulai bulan April sampai September 2024. Penelitian diakhiri dengan penyusunan tesis hingga bulan Oktober 2024. Secara rinci jadwal penelitian dapat dilihat pada tabel 3.4.



## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### A. Hasil Penelitian

Pengembangan *Virtual Chemistry Lab (VCL)* berbasis Google Site dalam penelitian ini menggunakan pendekatan ADDIE, yang meliputi tahap analisis (*Analysis*), desain (*Design*), pengembangan (*Development*), implementasi (*Implementation*), dan evaluasi (*Evaluation*).

##### 1. Analisis (*Analysis*)

Pada tahap ini peneliti melakukan analisis kebutuhan untuk mengidentifikasi kesenjangan antara kondisi saat ini dengan kondisi yang diharapkan, serta memahami kebutuhan yang harus dipenuhi untuk mencapai tujuan penelitian. Analisis kebutuhan yang dilakukan meliputi analisis kurikulum, analisis kebutuhan guru dan siswa, analisis kegiatan pembelajaran, analisis ketersediaan sarana dan prasarana.

##### a. Analisis Kurikulum

Kurikulum yang digunakan di SMAN 20 Garut pada Tahun Pelajaran 2023/2024 dan Tahun Pelajaran 2024/2025 meliputi Kurikulum 2013 dan Kurikulum Merdeka. Untuk Tahun Pelajaran 2023/2024, di kelas X menggunakan Kurikulum Merdeka, sedangkan kelas XI dan XII menggunakan Kurikulum 2013. Menginjak Tahun Pelajaran 2024/2025, Kurikulum Merdeka berlaku bagi kelas X dan XI, sementara Kurikulum 2013 diberlakukan untuk kelas XII. Karena penelitian ini dilaksanakan mulai bulan Januari sampai dengan September 2024, maka peneliti fokus

untuk melakukan penelitian terbatas di kelas XII MIPA yang sekarang masih menggunakan Kurikulum 2013.

Kompetensi Inti (KI) dan Kompetensi Dasar (KD) mata pelajaran pada Kurikulum 2013 dapat dilihat dalam Permendikbud Nomor 37 Tahun 2018 tentang Perubahan Atas Permendikbud Nomor 24 Tahun 2016. Perubahan ini didasarkan pada pertimbangan bahwa untuk memenuhi kebutuhan dasar siswa dalam mengembangkan Keterampilannya pada era digital, perlu menambahkan dan mengintegrasikan muatan informatika pada kompetensi dasar dalam kerangka dasar dan struktur kurikulum 2013 pada jenjang pendidikan dasar dan pendidikan menengah.

Kompetensi Inti (KI) untuk mata pelajaran Kimia SMA berdasarkan Permendikbud Nomor 37 Tahun 2018 mencakup empat kompetensi, yaitu (1) kompetensi sikap spiritual, (2) sikap sosial, (3) pengetahuan, dan (4) keterampilan. Kompetensi tersebut dicapai melalui proses pembelajaran intrakurikuler, kokurikuler, dan/atau ekstrakurikuler. Kompetensi sikap spiritual dan sosial dicapai melalui pembelajaran tidak langsung (*indirect teaching*), yaitu keteladanan, pembiasaan, dan budaya sekolah dengan memperhatikan karakteristik mata pelajaran serta kebutuhan dan kondisi siswa. Sementara kompetensi pengetahuan dan keterampilan dicapai melalui proses pembelajaran langsung di dalam kelas.

Kompetensi pengetahuan dan keterampilan untuk mata pelajaran Kimia SMA dirumuskan sebagaimana tercantum dalam tabel 4.1 berikut.

**Tabel 4.1**  
**Kompetensi Inti Pengetahuan dan Keterampilan**

KOMPETENSI INTI 3 (PENGETAHUAN)	KOMPETENSI INTI 4 (KETERAMPILAN)
<p>3. Memahami, menerapkan, menganalisis dan mengevaluasi pengetahuan faktual, konseptual, prosedural, dan metakognitif berdasarkan rasa ingin tahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dengan wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian, serta menerapkan pengetahuan prosedural pada bidang kajian yang spesifik sesuai dengan bakat dan minatnya untuk memecahkan masalah</p>	<p>4. Mengolah, menalar, menyaji, dan mencipta dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri serta bertindak secara efektif dan kreatif, dan mampu menggunakan metoda sesuai kaidah keilmuan</p>

Untuk pengembangan *Virtual Chemistry Lab (VCL)*, dilakukan analisis Kompetensi Dasar mata pelajaran Kimia Kelas XII yang mengacu pada Kurikulum 2013. Berikut beberapa kompetensi dasar yang menuntut adanya kegiatan praktikum, dapat dilihat pada tabel 4.2.

**Tabel 4.2**  
**Kompetensi Dasar Mata Pelajaran Kimia Kelas XII**

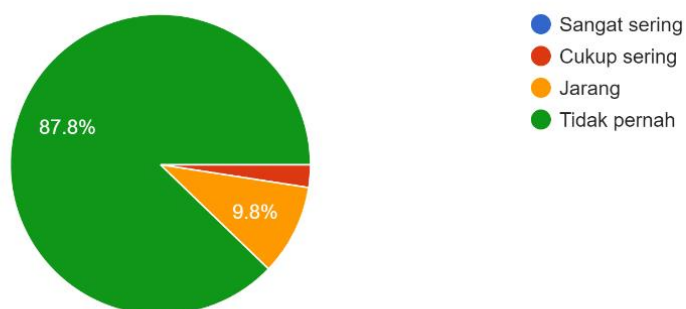
KOMPETENSI DASAR	KOMPETENSI DASAR
3.3 Menyetarakan persamaan reaksi redoks	4.3 Menentukan urutan kekuatan pengoksidasi atau pereduksi berdasarkan data hasil percobaan
3.4 Menganalisis proses yang terjadi dalam sel Volta dan menjelaskan kegunaannya	4.4 Merancang sel Volta dengan menggunakan bahan di sekitar
3.5 Menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya korosi dan cara mengatasinya	4.5 Mengajukan gagasan untuk mencegah dan mengatasi terjadinya korosi
3.6 Menerapkan stoikiometri reaksi redoks dan hukum Faraday untuk menghitung besaran-besaran yang terkait sel elektrolisis	4.5 Menyajikan rancangan prosedur penyepuhan benda dari logam dengan ketebalan lapisan dan luas tertentu

Kompetensi dasar mengenai reaksi redoks dan elektrokimia di atas secara esensial memerlukan kegiatan praktikum karena konsep-konsep yang diajarkan dalam topik ini sangat abstrak dan lebih mudah dipahami jika divisualisasikan secara nyata. Reaksi redoks melibatkan proses transfer elektron yang tidak bisa dilihat secara langsung. Praktikum memungkinkan siswa untuk mengamati efek nyata dari perubahan kimia, seperti perubahan warna, pembentukan gas, dan pengendapan yang merupakan indikasi dari terjadinya reaksi redoks. Misalnya, dalam percobaan elektrolisis, siswa

dapat melihat secara langsung bagaimana ion-ion dalam larutan bergerak ke elektroda dan menghasilkan zat baru, seperti gas hidrogen atau oksigen. Menurut Rahayu (2017), kegiatan praktikum memberikan pengalaman konkrit yang membantu siswa memahami konsep kimia yang abstrak, seperti pada reaksi redoks dan elektrokimia, dengan cara menghubungkan teori dengan kenyataan di laboratorium.

Pada kenyataannya, berdasarkan hasil observasi di SMAN 20 Garut kegiatan praktikum sangat jarang dilakukan oleh guru-guru mata pelajaran kimia dikarenakan terbatasnya sarana laboratorium fisik di sekolah. Dari 41 orang siswa kelas XII MIPA yang diminta mengisi angket tentang pengalaman dan persepsi tentang pembelajaran kimia, ternyata 87,8% menyatakan tidak pernah mengikuti kegiatan praktikum di sekolah.

Seberapa sering Anda mengikuti kegiatan praktikum kimia di laboratorium?  
41 responses



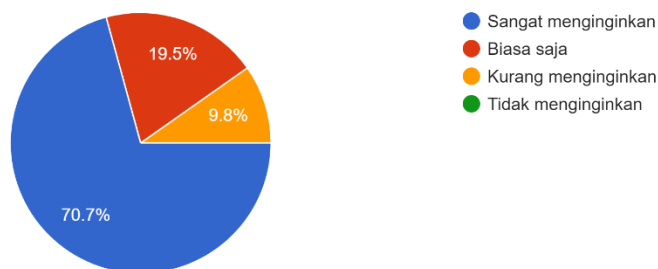
Gambar 4.1 Grafik frekuensi siswa melaksanakan kegiatan praktikum

Dengan demikian perlu adanya sumber belajar yang dapat memenuhi tujuan pembelajaran dan kebutuhan belajar siswa yang dapat memberikan pengalaman langsung bagi siswa. Sebanyak 70,7% dari 41

responden menyatakan sangat menginginkan untuk melakukan praktikum secara virtual karena laboratorium fisik yang tidak memadai.

Seberapa besar keinginan Anda untuk melakukan praktikum secara virtual jika laboratorium fisik tidak tersedia?

41 responses



Gambar 4.2 Grafik persentase keinginan siswa melaksanakan kegiatan praktikum

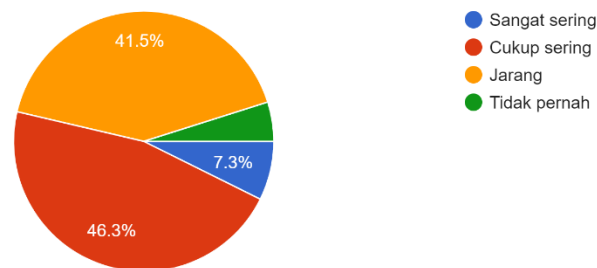
#### b. Analisis Kebutuhan Siswa dan Guru

Kimia adalah mata pelajaran yang sangat membutuhkan keterampilan berpikir kritis, karena siswa harus mampu menganalisis masalah, membuat hipotesis, melakukan eksperimen, dan menarik kesimpulan. Namun, di SMAN 20 Garut seringkali pembelajaran kimia yang terjadi di kelas lebih berfokus pada hafalan konsep daripada pengembangan keterampilan berpikir kritis. Ada kebutuhan terhadap sumber belajar yang tidak hanya memberikan informasi, tetapi juga menantang siswa untuk berpikir kritis. *Virtual Chemistry Lab (VCL)* yang dirancang dalam penelitian ini bertujuan untuk mendorong siswa melakukan eksperimen, menganalisis hasilnya, dan melibatkan diri dalam proses evaluasi dan refleksi.

Dari sejumlah 41 responden yang ditanya tentang seberapa sering guru mendorong siswa untuk menganalisis data secara kritis, ternyata 46,3% menyatakan cukup sering dan 41,5% menyatakan jarang.

Seberapa sering guru kimia mendorong Anda untuk menganalisis data dan hasil praktikum secara kritis?

41 responses



Gambar 4.3 Grafik persentase aktivitas guru mendorong siswa berpikir kritis

Untuk dapat memenuhi kebutuhan belajar siswa, maka VCL yang dikembangkan harus sesuai dengan kurikulum yang berlaku di sekolah, terutama dalam hal kompetensi dasar yang berkaitan dengan keterampilan berpikir kritis dan pembelajaran kimia. Guru perlu menguasai keterampilan IT untuk mengembangkan multimedia pembelajaran yang interaktif melalui website. *Google sites* merupakan salah satu layanan google untuk mempermudah pembuatan situs atau website. *Google sites* adalah aplikasi terstruktur yang dapat digunakan untuk membuat situs web dengan mudah.

### c. Analisis Kegiatan Pembelajaran

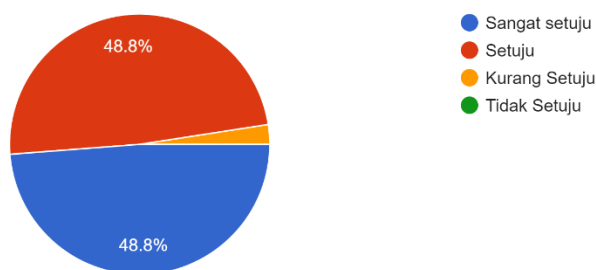
Kegiatan pembelajaran kimia di kelas XII MIPA SMA Negeri 20 Garut dapat dideskripsikan sebagai berikut:

- 1) Kegiatan pembelajaran hanya dilaksanakan di dalam kelas, jarang sekali guru melaksanakan kegiatan praktikum di laboratorium.

- 2) Sementara dari 41 responden, hampir semua siswa menyatakan bahwa pelajaran kimia dapat lebih mudah dipahami ketika dilakukan dengan bantuan praktikum.

Apakah menurut Anda pembelajaran kimia lebih mudah dipahami ketika dilakukan dengan bantuan praktikum?

41 responses



Gambar 4.4 Grafik persepsi siswa tentang kegiatan praktikum

- 3) Sumber dan media ajar yang digunakan di kelas biasanya berupa buku paket yang dipinjam dari perpustakaan, atau e-modul yang dikirim oleh guru mata pelajaran dan harus ditulis ulang oleh siswa karena mereka tidak memiliki buku paket sendiri.
- 4) Beberapa siswa kurang memiliki motivasi untuk belajar kimia karena konsep-konsep kimia dianggap rumit.

Berdasarkan hasil analisis kegiatan pembelajaran kimia tersebut, maka perlu dikembangkan suatu sumber belajar berupa laboratorium virtual yang dapat memenuhi kebutuhan belajar siswa untuk memperkuat pemahaman mereka terhadap konsep-konsep kimia yang abstrak dan teoretis, membantu menghubungkan teori dengan realitas praktis, mengembangkan keterampilan berpikir kritis dan eksperimental, serta

memberikan pemahaman yang lebih mendalam melalui pengalaman langsung meskipun tidak tersedia ruang laboratorium secara fisik.

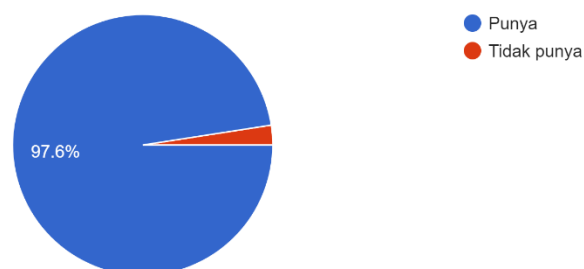
#### d. Analisis Ketersediaan Sarana dan Prasarana

Untuk mengembangkan sebuah laboratorium virtual diperlukan sarana dan prasarana yang memadai. Hasil analisis ketersediaan sarana dan prasarana di SMAN 20 Garut dapat dideskripsikan sebagai berikut:

- 1) 97,6% siswa di SMAN 20 Garut memiliki perangkat *handphone* dan dapat mengakses internet. Dengan demikian siswa dapat mengakses laboratorium virtual yang akan dikembangkan dalam penelitian ini.

Apakah Anda memiliki handphone yang dapat mengakses internet?

41 responses



Gambar 4.5 Grafik persentase ketersediaan sarana *handphone* siswa

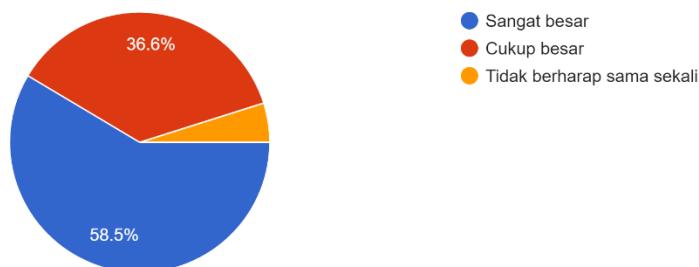
- 2) SMAN 20 Garut memiliki 2 ruang laboratorium komputer dengan jumlah komputer server sebanyak 2 unit dan komputer klien sebanyak 50 unit. Hal ini bisa menjadi alternatif solusi jika ada siswa yang memiliki kendala dalam menggunakan androidnya.
- 3) Guru-guru mata pelajaran kimia memiliki keterampilan menggunakan IT untuk mengembangkan atau menggunakan website dalam pembelajaran.

4) Perangkat lunak yang digunakan untuk mengembangkan laboratorium virtual dalam penelitian ini menggunakan *Google Site* yang mengintegrasikan beberapa platform digital seperti: *PhET Interactive Simulations*, lab maya dari Rumah Belajar Kemdikbudristek, *Google Form*, *YouTube*, *Canva*, *elfsight.com* dan e-book dari Sistem Informasi Perbukuan Indonesia (SIBI).

Dari hasil analisis kebutuhan tersebut, hampir seluruh siswa memiliki harapan besar akan adanya laboratorium virtual untuk membantu mereka dalam mendapatkan pengalaman belajar secara langsung meskipun tidak dapat melakukan praktikum di laboratorium fisik.

Seberapa besar harapan Anda agar laboratorium virtual dapat membantu siswa yang tidak dapat mengakses laboratorium fisik?

41 responses



Gambar 4.6 Grafik persentase harapan siswa terhadap laboratorium virtual

## 2. Desain (*Design*)

Laboratorium virtual yang akan dikembangkan perlu didesain sesuai dengan karakteristik siswa SMA, khususnya kelas XII MIPA. Pada tahap ini peneliti sebagai pengembang laboratorium virtual pembelajaran kimia mengambil istilah *Virtual Chemistry Lab (VCL)* untuk produk yang akan

dikembangkan. VCL yang dikembangkan diharapkan dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis para siswa.

Untuk menghasilkan produk VCL yang dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa, dilakukan beberapa langkah desain berikut:

**a. Desain Alur Pembelajaran**

Langkah awal merancang VCL adalah membuat desain alur pembelajaran dalam bentuk diagram alir atau *flow chart*. Menurut Darmawan (2016), *flow chart* adalah penggambaran menyeluruh alur program, yang dibuat dengan simbol-simbol tertentu.

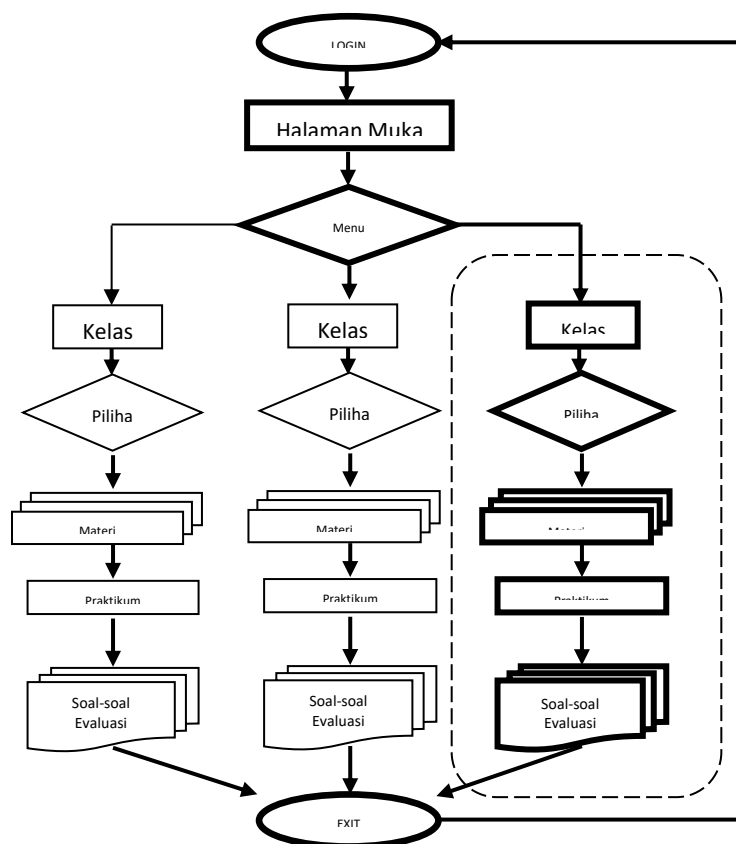
Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, VCL yang dikembangkan untuk siswa kelas XII MIPA memuat kompetensi dasar tentang reaksi redoks dan elektrokimia dengan 4 subtema sebagai berikut:

- 1) Subtema 1 Reaksi Redoks, memuat materi tentang konsep reaksi redoks dan penyetaraan reaksi redoks, praktikum dan evaluasi tentang reaksi redoks,
- 2) Subtema 2 Sel Volta, memuat materi tentang prinsip kerja sel volta, deret volta dan aplikasi sel volta dalam kehidupan, praktikum merancang sel volta, dan evaluasi tentang sel volta.
- 3) Subtema 3 Elektrolisis, memuat materi tentang sel elektrolisis, praktikum untuk menguji berbagai larutan menggunakan rangkaian sel elektrolisis, dan evaluasi tentang sel elektrolisis.

- 4) Subtema 4 Korosi, memuat materi tentang definisi korosi, penyebab dan cara pencegahan korosi, praktikum tentang proses korosi, dan evaluasi tentang korosi.

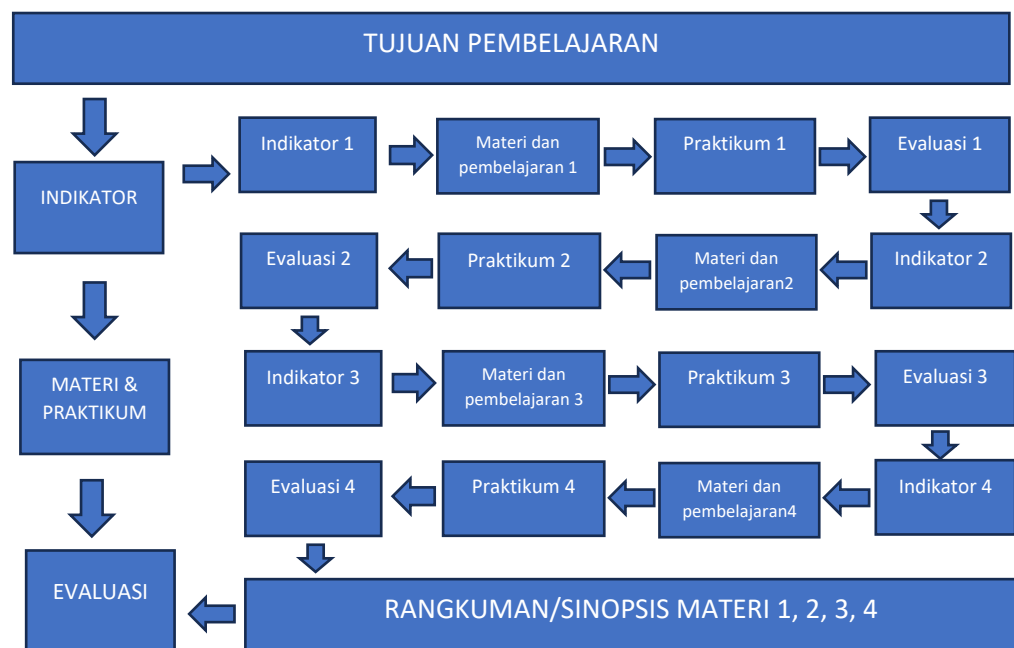
Siswa diarahkan untuk mengkaji materi, melakukan praktikum, kemudian menyelesaikan soal-soal evaluasi untuk setiap subtema secara berurutan. Setelah siswa menyelesaikan keempat subtema, maka di bagian akhir diberikan soal-soal evaluasi yang memuat keempat subtema secara keseluruhan untuk menguji dampak penggunaan VCL dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis.

Secara garis besar, rancangan alur pembelajaran dalam VCL digambarkan dalam *flow chart* seperti tampak pada gambar 4.1 berikut.



Gambar 4.7 Flow Chart VCL

Garis yang tebal pada *flow chart* diatas menggambarkan fokus penelitian ini terbatas pada pembelajaran di kelas XII. Secara detail alur pembelajaran kelas XII MIPA pada VCL digambarkan dengan diagram alur pembelajaran model TIME (Rahadian, 2021) seperti pada gambar 4.2 berikut.



Gambar 4.8 Alur Pembelajaran Model TIME

#### b. Penulisan *Storyboard*

*Storyboard* merupakan penjabaran dari alur pembelajaran yang sudah didesain (*flow chart*) yang berisi informasi pembelajaran dan prosedur serta petunjuk pembelajaran. *Storyboard* menunjukkan apa saja aktivitas yang harus dilakukan siswa selama mengikuti pembelajaran dengan model pembelajaran multimedia yang dibangun (Darmawan, 2020).

Menurut Darmawan (2016), *storyboard* juga berfungsi sebagai dokumen tertulis (naskah) dari program yang sudah dibuat. Jika ada pihak yang menginginkan data tertulis, maka dapat menggunakan *storyboard*.

*Storyboard* untuk mengembangkan VCL dalam penelitian ini menggunakan format *double column* seperti tampak pada gambar 4.3. Secara rinci *storyboard* VCL dapat dilihat pada lampiran 4.2.

No.	Keterangan	Visual	Audio

Gambar 4.9 Format *Storyboard*

### c. Mengumpulkan *Stock Shot*

*Stock shot* merupakan bagian penting dalam multimedia, yaitu berupa gambar, video, audio, ikon dan bahan lain yang diperlukan. Penggunaan *stock shot* memungkinkan materi pembelajaran menjadi lebih menarik secara visual karena dapat memperkaya konten dengan berbagai jenis gambar atau video tanpa harus memproduksi semua media sendiri.

Untuk melengkapi materi, peneliti mengumpulkan gambar-gambar dari e-book yang diambil dari Sistem Informasi Perbukuan Indonesia (SIBI). Adapun video pembelajaran diambil dari YouTube, audio dibuat menggunakan aplikasi [elfsight.com](http://elfsight.com), sedangkan ikon untuk tombol navigasi dibuat menggunakan aplikasi Canva. Beberapa tombol navigasi yang dibuat dapat dilihat pada tabel 4.3 berikut.

**Tabel 4.3**  
**Tombol-tombol Navigasi**

Ikon Navigasi	Fungsi Navigasi
	Tombol untuk masuk ke kelas VCL
	Tombol untuk melanjutkan ke halaman berikutnya
	Tombol untuk isi presensi
	Tombol masuk ke halaman materi pelajaran
	Tombol masuk ke halaman praktikum
	Tombol masuk ke halaman repositori
	Tombol untuk keluar dari VCL
	Tombol untuk memilih materi

VCL yang dikembangkan menggunakan beberapa platform digital. Untuk simulasi eksperimen dalam kegiatan praktikum, memanfaatkan lab maya dari Rumah Belajar Kemdikbud dan PhET *Interactive Simulations*.

#### **d. Menyusun Instrumen Penelitian**

Instrumen yang disusun untuk penelitian pengembangan VCL ini berupa tes dan non tes. Untuk uji kelayakan VCL disusun dalam bentuk non tes berupa angket yang disajikan kepada validator ahli materi dan ahli media, serta untuk uji akseptansi oleh siswa sebagai responden. Untuk menguji dampak penggunaan VCL terhadap peningkatan keterampilan berpikir kritis digunakan instrumen tes.

Pemilihan validator ahli diambil dari pertimbangan keahlian masing-masing validator dalam bidangnya. Untuk domain konten Kimia, pengembang memilih dua validator, yaitu satu orang dosen kimia Universitas Islam Negeri (UIN) SGD Bandung dan satu orang dosen kimia Universitas Garut (UNIGA). Untuk domain konstruksi media, pengembang memilih dua validator yaitu dua orang dosen program studi Teknologi Pendidikan, Institut Pendidikan Indonesia (IPI) Garut. Sementara untuk domain akseptabilitas, yakni mengukur tingkat penerimaan dan kepuasan pengguna, maka peneliti memilih beberapa orang siswa sebagai responden.

### **3. Pengembangan (*Development*)**

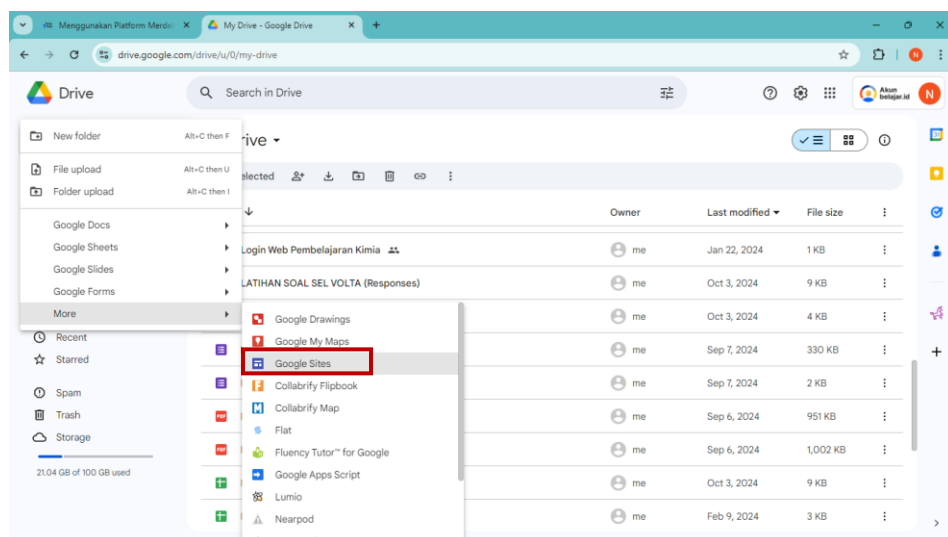
#### **a. Pengembangan *Virtual Chemistry Lab* (VCL)**

Setelah peneliti merancang alur pembelajaran dalam bentuk *flow chart*, kemudian mengembangkannya dalam penulisan *storyboard*, mengumpulkan *stock shot*, serta menyusun instrument tes, maka peneliti memilih *Google Sites* sebagai *software* untuk mengembangkan kerangka

VCL. Hal ini dilakukan karena *Google Sites* adalah platform pembuatan situs web yang memungkinkan pengguna membuat situs web tanpa keahlian teknis yang mendalam. Meskipun mungkin tidak setinggi platform pembuatan situs web lainnya dalam hal kompleksitas atau kemampuan desain, *Google Sites* menawarkan keuntungan berupa kemudahan penggunaan dan integrasi yang kuat dengan ekosistem Google seperti *Google Forms*, *Google Slides*, *Google Docs*, *Google Sheets*.

Prosedur pembuatan kerangka VCL menggunakan *Google Sites* melalui beberapa langkah berikut:

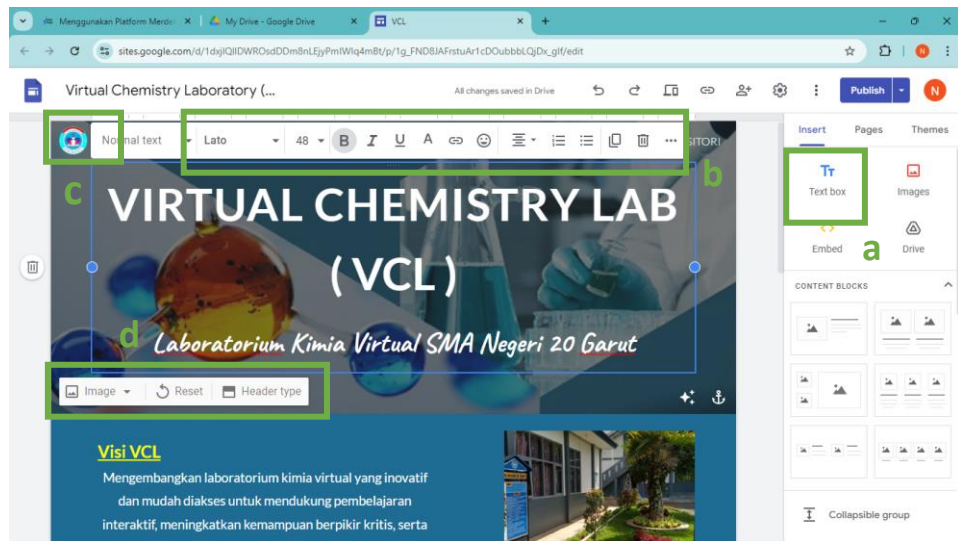
- 1) Membuka aplikasi *Google Sites* di browser web



Gambar 4.10 Masuk ke Aplikasi *Google Sites*

- 2) Membuat halaman utama (beranda)

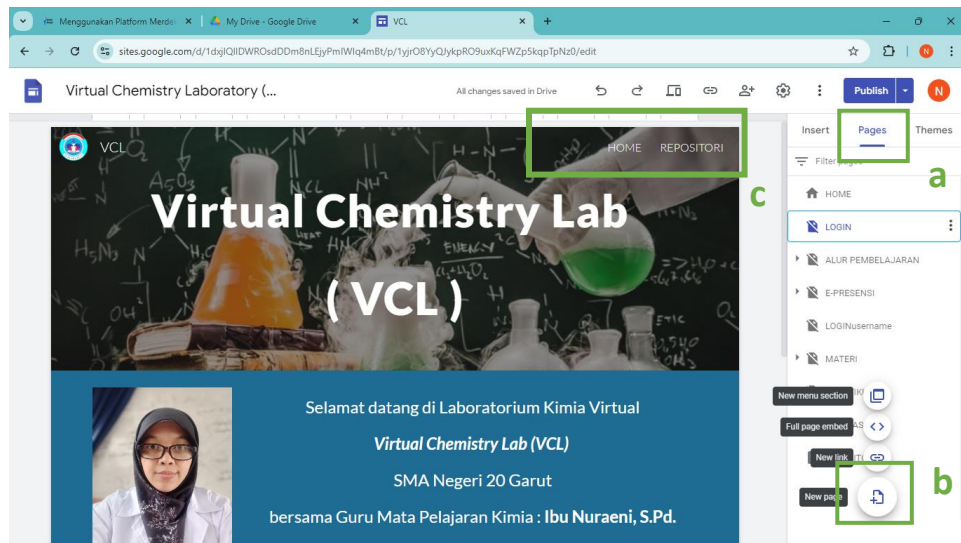
Mulai membuat halaman utama (beranda) situs web VCL dengan menambahkan judul, deskripsi, dan elemen-elemen utama yang akan terlihat pertama kali oleh siswa.



Gambar 4.11 Halaman Beranda VCL

Keterangan gambar:

- a) Untuk menambahkan teks
  - b) Untuk menuliskan dan mengedit teks yang diinginkan
  - c) Untuk menambahkan logo
  - d) Untuk menambah atau mengganti background oleh gambar dan mengubah ukuran header sesuai keinginan
- 3) Menambahkan halaman baru diantaranya: menu pilihan kelas, petunjuk VCL, alur pembelajaran, e-presensi, materi, praktikum, evaluasi, repositori, dan deskripsi tentang VCL.

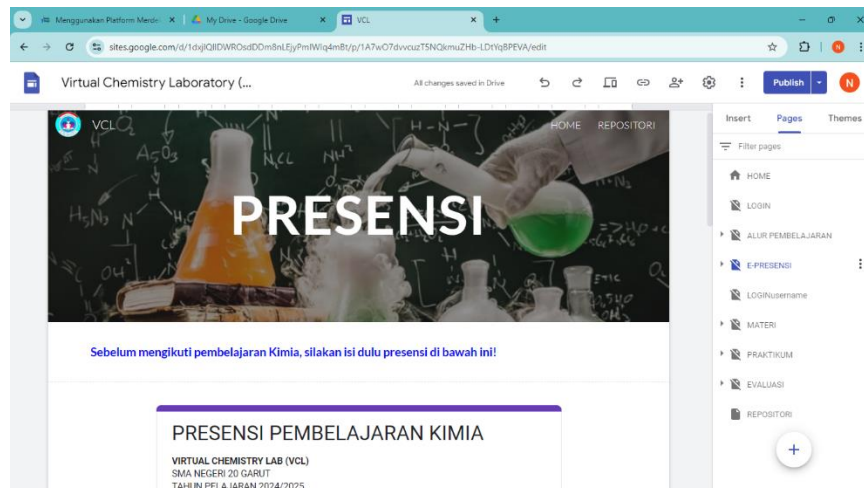


Gambar 4.12 Halaman Menu Pilihan Kelas  
Keterangan gambar:

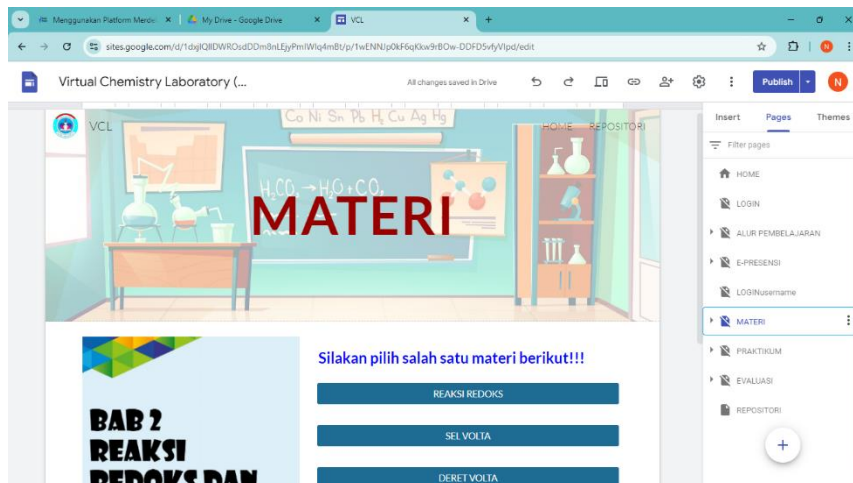
- Klik tab halaman untuk memunculkan perintah
- Klik halaman baru dan tuliskan nama navbar sesuai kebutuhan
- Navbar telah berhasil dibuat



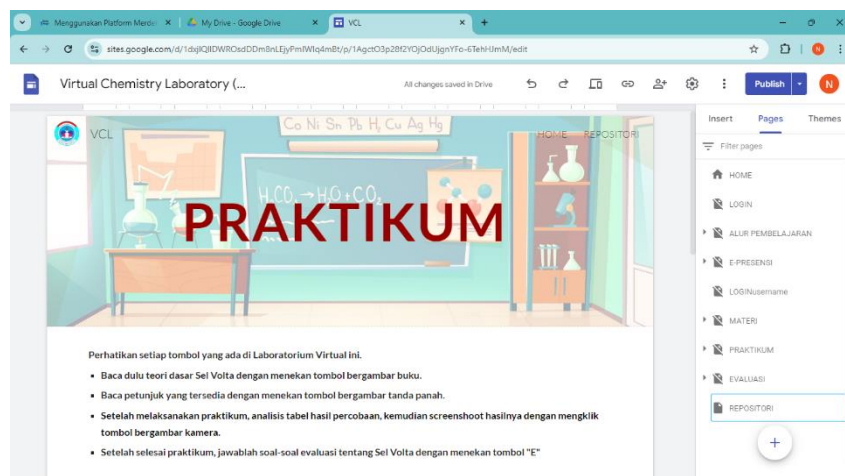
Gambar 4.13 Halaman alur pembelajaran



Gambar 4.14 Halaman e-presensi



Gambar 4.15 Halaman untuk memilih materi



Gambar 4.16. Halaman Praktikum

Virtual Chemistry Laboratory (...)

# EVALUASI

## LATIHAN SOAL REAKSI REDOKS

Jawablah pertanyaan di bawah ini dengan tepat!

nuraeni431@guru.sma.belajar.id [Switch account](#)

Not shared

Diketahui beberapa reaksi berikut:

- (1)  $\text{MnO}_4^- \rightarrow \text{MnO}_2$
- (2)  $\text{Zn} \rightarrow \text{ZnO}_2$

Gambar 4.17 Halaman Evaluasi

Virtual Chemistry Laboratory (...)

# REPOSITORI

## Modul Pembelajaran SMA

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN ANAK USIA DINI,  
PENDIDIKAN DASAR DAN PENDIDIKAN MENENGAH  
DIREKTORAT SEKOLAH MENENGAH ATAS  
2020

SEMAN  
SUKSES  
SIKAP

- Soal Reaksi Redoks
- Soal Sel Volta
- Soal Deret Volta
- Soal Daya Desk Logam
- Soal Elektrolisis
- Soal Korosi

Gambar 4.18 Halaman Repositori

Virtual Chemistry Laboratory

# VCL SMAN 20 Garut

HOME TENTANG VCL PETUNJUK VCL REPOSITORI

VIRTUAL CHEMISTRY LAB (VCL) adalah Laboratorium Kimia Virtual yang dikembangkan menggunakan Google Site dan memanfaatkan berbagai platform digital diantaranya:

- Laboratorium Maya dari Rumah Belajar Kemdikbud <https://belajar.kemdikbud.go.id/>
- PHET Interactive Simulations <https://phet.colorado.edu/en/simulations/?filter=subjects=chemistry&type=.html>
- SIBI Sistem Informasi Perbukuan Indonesia <https://buku.kemdikbud.go.id/>
- Aplikasi Canva for Education
- Google Formulir
- YouTube

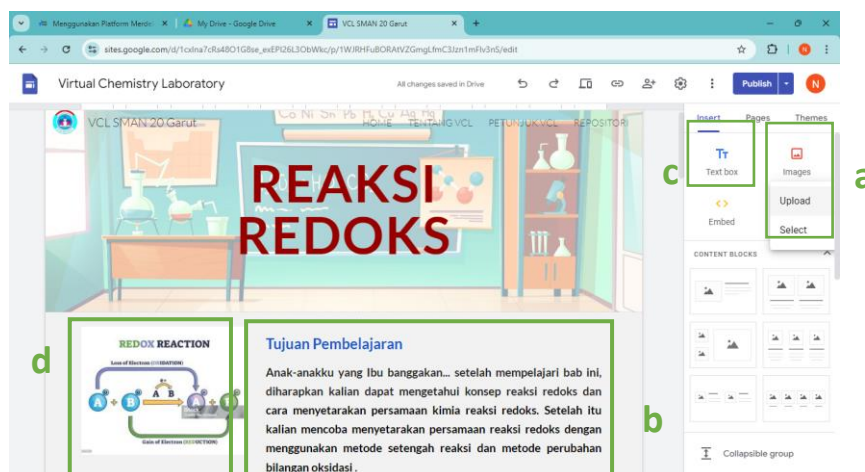
BIODATA PENGEMBANG

Nama : Nuraeni  
Pekerjaan : Guru Kimia  
Instansi : SMAN 20 Garut

Gambar 4.19 Halaman deskripsi tentang VCL

#### 4) Menambahkan konten

Pada setiap halaman yang sudah dibuat, ditambahkan konten sesuai dengan *storyboard* yang sudah dirancang sebelumnya. Menambahkan konten seperti teks, gambar, video, atau file dokumen dengan menggunakan menu *Insert* pada panel sebelah kanan. Beberapa file disematkan dari Google Drive atau tautan eksternal seperti link YouTube, Rumah Belajar Kemdikbudristek, FlipHTML, PhET *Interactive Simulations*, elfsite.com dan SIBI.



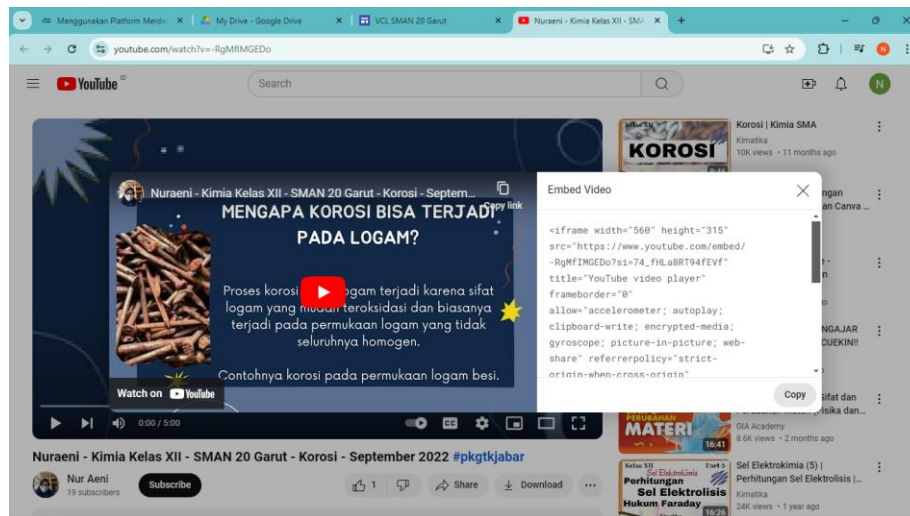
Gambar 4.20 Menambahkan konten teks dan gambar

- Klik tab *Insert*, pilih *Images* kemudian klik *Upload*
- Atur posisi dan ukuran gambar sesuai keinginan
- Untuk menambah teks, pilih *Text Box*
- Tuangkan tulisan di layar utama, atur ukuran, posisi dan tipe teks sesuai keinginan

Untuk memasukkan video pembelajaran dari YouTube dilakukan dengan cara:

- Klik tombol *Share* di bagian bawah video yang dipilih

b) Pilih *Embed*, kemudian salin

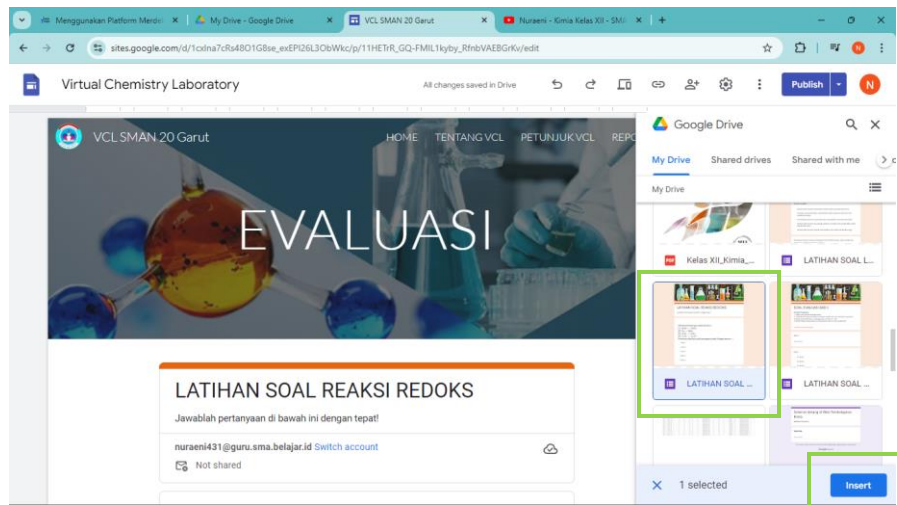


Gambar 4.21 Menambahkan konten video dari YouTube

- c) Kembali ke Google Sites, Klik tab *Insert* dan pilih *Embed*
- d) Paste hasil salinan dari YouTube pada *Embed Code*
- e) Klik *Next*, lalu sesuaikan ukuran dan posisi video sesuai keinginan

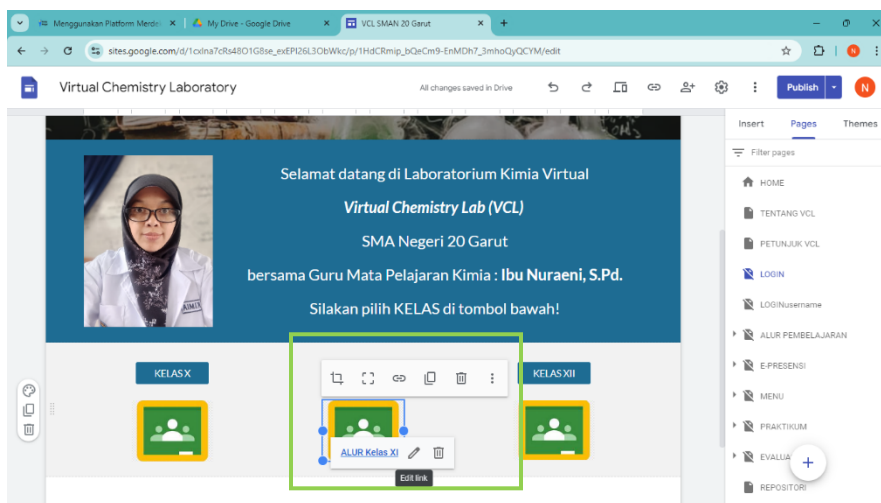
Selain teks, gambar dan video, bisa juga disematkan *link (Embed Link)* dari Google Forms. Dalam VCL ini e-presensi dan soal-soal evaluasi dibuat menggunakan Google Forms, kemudian disematkan ke Google Sites. Hal itu dapat dilakukan dengan cara:

- a) Pilih *Drive* pada menu *Insert*
- b) Klik *file* pada Google Forms, dan pilih *Insert*
- c) Sesuaikan posisi dan ukuran Google Forms sesuai dengan keinginan



Gambar 4.22 Menambahkan konten dari *Google Forms*

Jika ingin memberi tautan pada gambar, maka klik gambarnya, pilih *Insert Link*, kemudian salin link yang akan digunakan, klik *Apply*.



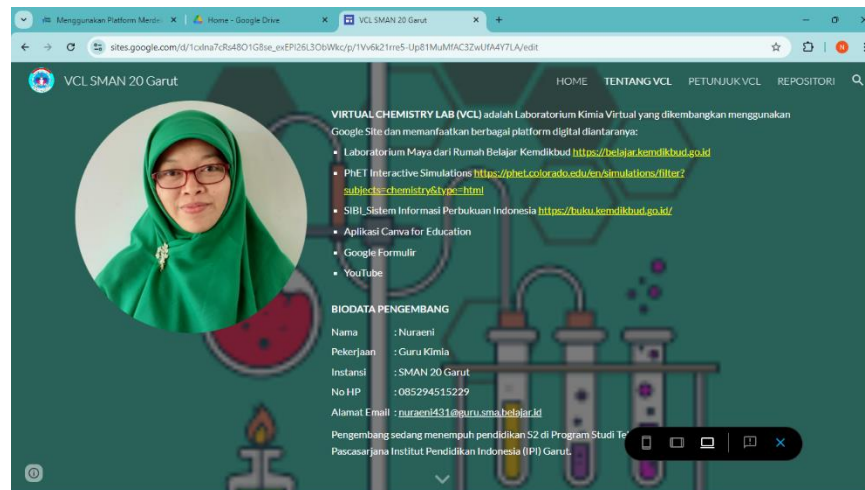
Gambar 4.23 Menambahkan tautan pada gambar

##### 5) Memilih tema dan warna yang sesuai dengan tema VCL

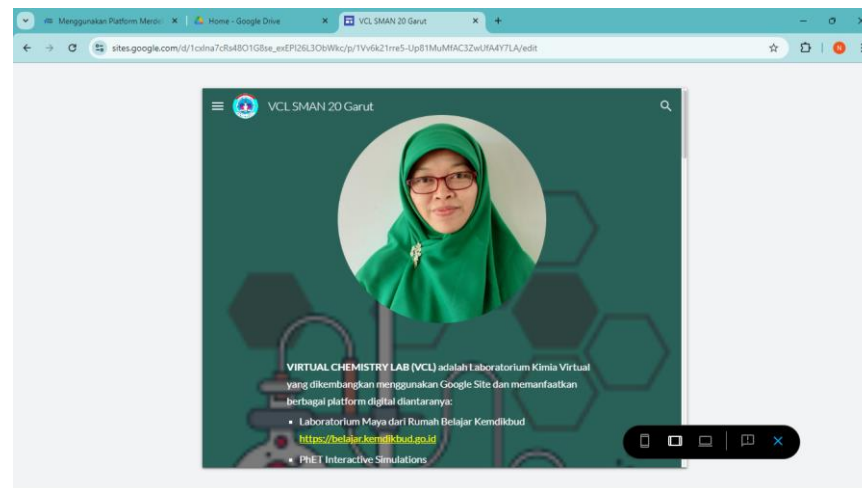
Untuk memilih tema dan warna, gunakan penyunting tema yang sesuai dengan gaya visual yang diinginkan. Sesuaikan elemen-elemen desain seperti *header*, *footer*, dan navigasi.

## 6) Melihat pratinjau

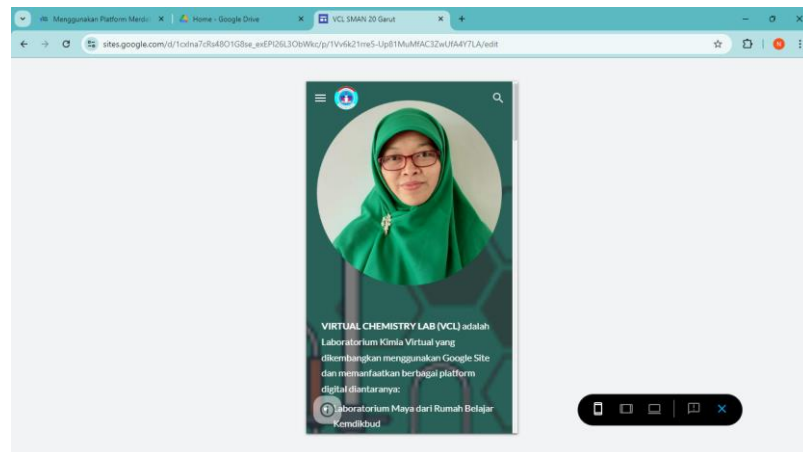
Sebelum mempublikasikan, dilihat pratinjau VCL untuk memastikan bahwa tampilannya sesuai dengan harapan. Jika ada kesalahan atau tampilan kurang pas, maka dilakukan penyesuaian atau revisi.



Gambar 4.24 Pratinjau menggunakan laptop atau PC



Gambar 4.25 Pratinjau menggunakan tablet



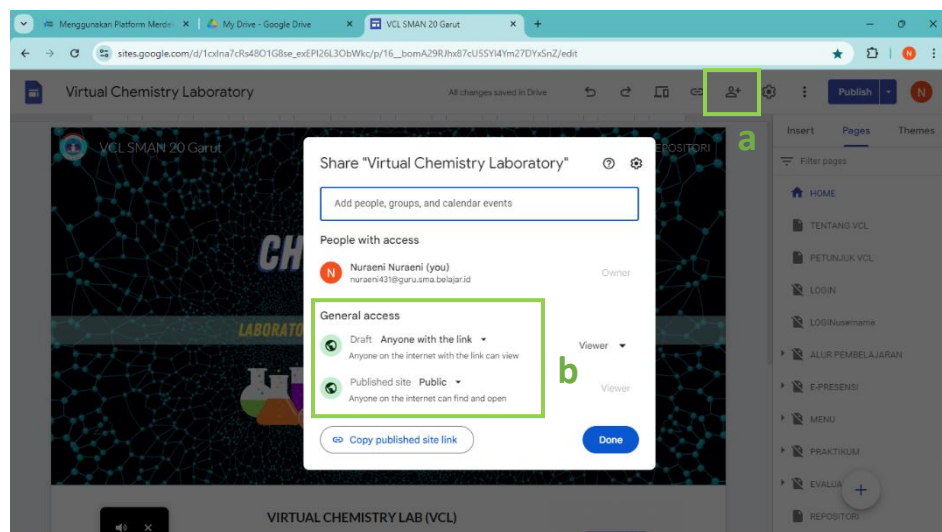
Gambar 4.26 Pratinjau menggunakan *handphone*

## 7) Pengujian responsif

Pengujian responsif dilakukan untuk memastikan bahwa VCL dapat diakses dengan baik dari berbagai perangkat seperti komputer, tablet, dan ponsel pintar.

## 8) Mempublikasikan hasil pengembangan VCL

Setelah situs VCL siap, publikasikan VCL sehingga dapat diakses oleh siswa atau pengguna lain dengan cara:



Gambar 4.27 Mempublikasikan produk VCL

- a) Klik tombol *Share with other people* di toolbar atas
- b) Atur settingan seperti pada gambar di atas
- c) Klik *Publish*

Hasil pengembangan *Virtual Chemistry Lab (VCL)* berbasis *Google Site* ini dapat dilihat pada link <https://bit.ly/VirtualChemistryLaboratorium>. Agar pengembangan VCL ini dapat juga dilakukan oleh guru-guru kimia di manapun, maka pengembang menyusun Modul Pengembangan VCL Berbasis Google Site seperti terlampir pada lampiran 4.3.

## **b. Penilaian Produk**

Produk VCL yang sudah dikonsultasikan dengan dosen pembimbing, kemudian divalidasi oleh ahli materi dan ahli media menggunakan instrumen yang telah dirancang. Setelah itu disebar angket untuk mengetahui akseptabilitas produk VCL pada sejumlah siswa. Hasil penilaian produk VCL diuraikan dalam tiga domain yaitu domain konten, domain konstruksi media, dan domain akseptabilitas.

### 1) Domain Konten

Domain konten ditujukan untuk menguji kelayakan materi Kimia. Instrumen yang dirancang berupa angket validasi materi dengan skala ordinal 1-10 berisi 20 butir pernyataan yang memuat aspek panduan atau informasi, konten/materi, praktikum dan evaluasi.

Ahli materi yang menilai kelayakan ini adalah Dr. Nenden Fauziah, S.Pd.,M.Si (Dosen sekaligus Kepala Lab Kimia Komputasi Kimia &

Kimia Fisik Fakultas MIPA UNIGA) dan Dr. Risa Rahmawati Sunarya (Dosen sekaligus Ketua Program Studi Pendidikan Kimia UIN SGD Bandung).

Hasil penilaian dari dua validator materi dapat dilihat pada tabel 4.4 berikut.

**Tabel 4.4**  
**Hasil Validasi Konten**

No	Aspek Media		Panduan dan Informasi	Materi VCL	Praktikum	Evaluasi	Total	Mean Skor dan Penilaian
1	Penilai 1	$\Sigma$ skor	24	71	23	39	157	7,85
		$\Sigma$ item	3	9	3	5	20	(layak)
2	Penilai 2	$\Sigma$ skor	24	73	25	42	164	8,20
		$\Sigma$ item	3	9	3	5	20	(sangat layak)
3	Total Skor		48	144	48	81	<b>321</b>	
4	Mean Skor		8,00	8,00	8,00	8,10	<b>8,03</b>	
5	Hasil Penilaian		sangat layak	sangat layak	sangat layak	sangat layak	<b>Sangat Layak</b>	

Hasil penilaian kelayakan VCL dari ahli materi menghasilkan rata-rata keseluruhan sebesar 8,00 dari skor maksimal 10, dengan kategori sangat layak digunakan. Adapun tanggapan dan saran yang diberikan oleh kedua validator ahli materi diantaranya:

- a) Tujuan pembelajaran harus disesuaikan dengan indikator berpikir kritis.
- b) Dalam menjelaskan materi, berikan stimulus di awal berupa peristiwa kontekstual yang terjadi dalam kehidupan sehari-hari

sesuai dengan konsep yang akan dipelajari siswa supaya mengarahkan siswa pada keterampilan berpikir kritis.

- c) Menyajikan quiz pada setiap sub-bab sebelum memasuki sub-bab berikutnya
- d) Penulisan rumus kimia harus diperbaiki, karena hal itu merupakan salah satu kemampuan dasar yang yang harus diajarkan dengan baik dan benar terhadap siswa
- e) Soal evaluasi beberapa harus diperbaiki, jika soalnya menuntut pada pemahaman atau analisis maka sajikan data, dan jangan menuntut anak untuk menghafal data.

Hasil validasi materi secara rinci dapat dilihat pada lampiran 4.4.

## 2) Domain Konstruksi Media

Domain konstruksi media ditujukan untuk menguji kelayakan *VCL* yang dikembangkan dilihat dari aspek kinerja program, sistematika dan estetika. Instrumen yang dirancang berupa angket validasi konstruksi media dengan skala ordinal 1-10 berisi 25 butir pernyataan.

Ahli Media yang menilai kelayakan *VCL* dari aspek konstruksi media adalah Dr. Iman Nasrulloh, M.Pd dan Siti Husnul Bariah, S.Kom.,M.Pd.

Keduanya sebagai Dosen Pendidikan Teknologi Informasi IPI Garut.

Hasil penilaian dari dua validator dapat dilihat pada tabel 4.5 dan secara rinci dapat dilihat pada lampiran 4.5.

**Tabel 4.5**  
**Hasil Validasi Konstruksi Media**

No	Aspek Media		Kinerja Program	Sistematika & Estetika	Total	Mean Skor dan Penilaian
1	Penilai 1	$\sum$ skor	90	132	222	8,88
		$\sum$ item	10	15	25	(sangat layak)
2	Penilai 2	$\sum$ skor	98	131	229	9,16
		$\sum$ item	10	15	25	(sangat layak)
3	Total Skor		188	263	<b>451</b>	
4	Mean Skor		9,40	8,76	<b>9,02</b>	
5	Hasil Penilaian		Sangat layak	Sangat layak	<b>Sangat Layak</b>	

Hasil penilaian kelayakan VCL dari ahli media menghasilkan rata-rata keseluruhan sebesar 9,02 dari skor maksimal 10, dengan kategori sangat layak digunakan. Adapun tanggapan dan saran yang diberikan oleh kedua validator ahli media diantaranya:

- a) Deskripsi VCL mohon dijelaskan di halaman awal/*home*/beranda memuat peruntukannya dalam pembelajaran
- b) Teks menu mohon ditampilkan lebih kontras
- c) Media yang dikembangkan sudah menarik dan kreatif dengan diintegrasikannya berbagai macam platform seperti modul digital, gform, youtube, dan Phet untuk pengayaan simulasinya, hanya saja kurang penjelasan pada saat peserta didik mencoba simulasinya, sebaiknya diberikan pengarahannya berupa audio sehingga bertambah pemahamannya. Hal ini dapat dilakukan dengan membuat *video recording/audio recording* yang dapat peserta didik *play* sehingga mendengarkan pengarahannya untuk percobaan

simulasinya. Untuk komunikasi dua arahnya, bisa dilakukan dengan cara menambahkan atau mengaktifkan kolom komentar sehingga apabila ada yang ingin ditanyakan, atau untuk mengetahui respon peserta didik terkait media yang disediakan.

### 3) Domain Akseptabilitas

Domain ini ditujukan mengukur tingkat penerimaan dan kepuasan pengguna terhadap VCL yang digunakan. Instrumen yang dirancang berupa angket dengan skala interval 1-5 berisi 30 butir pernyataan yang memuat aspek panduan atau informasi, materi VCL, evaluasi, desain dan fasilitas VCL, serta efek pedagogi. Angket ini diberikan kepada 5 orang siswa kelas XII MIPA 1 pada tahap uji coba terbatas, dan 30 orang siswa kelas XII MIPA 2 pada tahap uji lapangan utama sebagai subjek penelitian.

Hasil angket akseptabilitas pada tahap uji coba terbatas dapat dilihat pada tabel 4.6 berikut.

**Tabel 4.6**  
**Hasil Angket Akseptabilitas**

No	Aspek Media	Panduan dan Informasi	Materi VCL	Evaluasi	Desain & Fasilitas VCL	Efek Pedagogi	Total	Mean Skor dan Penilaian	
1	Siswa 1	∑ skor	13	35	20	37	22	127	4,23 (sangat tinggi)
		∑ item	3	8	5	9	5	30	
2	Siswa 2	∑ skor	14	33	20	38	20	125	4,17 (sangat tinggi)
		∑ item	3	8	5	9	5	30	
3	Siswa 3	∑ skor	12	32	21	37	21	123	4,10 (sangat tinggi)
		∑ item	3	8	5	9	5	30	
4	Siswa 4	∑ skor	12	33	21	37	21	124	4,13

		$\sum$ item	3	8	5	9	5	30	(sangat tinggi)
5	Siswa 5	$\sum$ skor	14	38	24	43	22	141	4,70
		$\sum$ item	3	8	5	9	5	30	(sangat tinggi)
3	Total Skor		65	171	106	192	106	<b>640</b>	
4	Mean Skor		4,33	4,28	4,24	4,27	4,24	<b>4,27</b>	
5	Hasil Penilaian		Sangat tinggi	Sangat tinggi	Sangat tinggi	Sangat tinggi	Sangat tinggi	<b>Akseptansi Sangat Tinggi</b>	

Hasil penilaian pada domain akseptansi tergolong sangat tinggi dengan rata-rata keseluruhan sebesar 4,27 dari skor maksimal 5,00. Hal ini menunjukkan bahwa VCL yang dikembangkan dapat diterima dengan baik oleh peserta didik dan memberi efek pedagogi yang tinggi pula.

Beberapa tanggapan dan saran yang diberikan oleh siswa diantaranya:

- a) Siswa merasa terbantu dengan VCL ini
- b) VCL ini mudah untuk dipahami
- c) VCL mempermudah pembelajaran di kelas
- d) Diharapkan VCL ini bisa berbentuk aplikasi yang dapat didownload di *PlayStore*
- e) Kualitas animasi diharapkan bisa tampil dalam bentuk layar penuh
- f) Diharapkan lebih ditingkatkan keamanannya agar tidak ada siswa yang dapat *searching* mencari jawaban saat mengerjakan evaluasi.

Berdasarkan hasil penilaian dari validator ahli materi dan ahli media, VCL ini dinyatakan sangat layak untuk digunakan. Begitu pula berdasarkan hasil angket akseptansi oleh siswa, VCL ini dapat diterima dengan baik dan

memberi efek pedagogi yang sangat tinggi. Selanjutnya, diperlukan beberapa perbaikan sesuai saran dari validator ahli media dan ahli materi.

#### **4. Implementasi (*Implementation*)**

VCL yang sudah didesain dan dikembangkan, perlu diimplementasikan dalam proses pembelajaran kimia. Tujuan tahap ini adalah mengukur seberapa besar dampak penggunaan VCL pada peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa. VCL yang sudah dikembangkan akan diujikan dalam proses pembelajaran.

##### **a. Uji Lapangan Terbatas (*preliminary field testing*)**

Uji lapangan terbatas dilakukan kepada 31 orang siswa kelas XII MIPA 1. Siswa mengikuti proses pembelajaran pada topik Reaksi Redoks dan Elektrokimia dengan memanfaatkan VCL sebagai pengganti laboratorium fisik. Guru melakukan proses pembelajaran dengan alur yang sudah dirancang sebelumnya, mulai dari penyampaian tujuan pembelajaran, pemberian materi, melakukan praktikum dan mengerjakan soal-soal evaluasi.

Instrumen penelitian pada tahap uji lapangan terbatas berupa soal evaluasi sebanyak 20 butir berbentuk soal pilihan berganda. Uji coba dilakukan sebanyak tiga kali. Beberapa revisi produk VCL dilakukan setelah tahap uji coba dilaksanakan.

##### **1) Uji Coba Kesatu**

Uji coba kesatu dilaksanakan pada tanggal 21 Agustus 2024 untuk mengetahui tingkat akseptansi siswa terhadap produk VCL serta

bagaimana keterampilan berpikir kritis dapat meningkat karena penggunaan VCL ini. Berdasarkan hasil tes, diperoleh skor rata-rata hasil tes sebesar 70,48. Sementara jika dilihat dari indikator keterampilan berpikir kritis, maka skor rata-rata tiap indikator dapat dilihat pada tabel 4.7. Adapun rincian hasil tes tiap siswa dilampirkan dalam lampiran.

**Tabel 4.7**  
**Skor rata-rata Indikator Berpikir Kritis pada Uji Coba ke-1**

Indikator Berpikir Kritis	Skor Rata-rata
Berargumen yang Logis	79,6
Mengambil Keputusan Berdasarkan Bukti	74,2
Menarik Kesimpulan	66,7
Merumuskan Pemecahan Masalah	58,1
Mengevaluasi Hasil Pengamatan	69,4

Dari hasil uji coba ke-1, skor rata-rata indikator berpikir kritis yang paling rendah sebesar 58,1 untuk keterampilan merumuskan pemecahan masalah, sedangkan skor tertinggi sebesar 79,6 untuk keterampilan berargumen yang logis.

Terkait dengan akseptansi VCL, beberapa siswa merasa kesulitan untuk menemukan tombol navigasi. Hal ini disebabkan tombol-tombol navigasi dibuat flat dalam bentuk gambar dua dimensi. Ikon-ikon menu kurang kontras, dan menimbulkan multi persepsi. User bisa menafsirkan tulisan yang ditulis dengan huruf kapital dan berwarna biru sebagai ikon menu/navigasi. Misalnya tulisan PRESENSI di bagian bawah bisa

dianggap sebagai menu untuk navigasi, padahal ikon menunya berupa gambar di sebelah kanan yang bertuliskan E-PRESENSI. Untuk menghilangkan salah persepsi, harus ditampilkan tulisan atau perintah di gambar ikon tersebut. Misal: Tekan Tombol E-PRESENSI.

Tampilan Awal	Tampilan Setelah Revisi
<p>• Pastikan selalu membaca basmalah.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Klik tombol PRESENSI, kemudian isi data dengan benar;</li> <li>• Klik tombol MATERI, kemudian pelajari materi yang dipaparkan dengan seksama. Simak video pembelajaran yang ada di halaman materi, supaya pemahaman kalian lebih sempurna.</li> <li>• Di akhir halaman materi, klik tombol EVALUASI. Sitakan isi soal-soal yang tersedia dengan benar.</li> <li>• Untuk memperkaya pengetahuan, silakan buka halaman REPOSITORI. Tersedia beberapa modul yang bisa diakses.</li> </ul> <p>Selamat Belajar...!!!</p> <p>Sudah siap untuk mengikuti pembelajaran Kimia???</p> <p>Klik tombol PRESENSI di sebelah kanan ya...</p> 	<p>EVALUASI. Sitakan isi soal-soal yang tersedia dengan benar.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Untuk memperkaya pengetahuan, silakan buka halaman REPOSITORI. Tersedia beberapa modul yang bisa diakses.</li> </ul> <p>Selamat Belajar...!!!</p> <p>Sudah siap mengikuti pembelajaran Kimia melalui Virtual Chemistry Lab (VCL)??</p> <p>Tekan tombol E-PRESENSI</p> 
<p>Bismillaah... Jika sudah isi presensi, Yuk kita mulai mempelajari materi Kimia.</p> <p>Klik tombol MATERI sebelah kanan ya... !!!</p> 	<p>Bismillaah... Jika sudah isi presensi, Yuk kita mulai mempelajari materi Kimia!!!</p> <p>Tekan tombol MATERI</p> 

## 2) Uji Coba Kedua

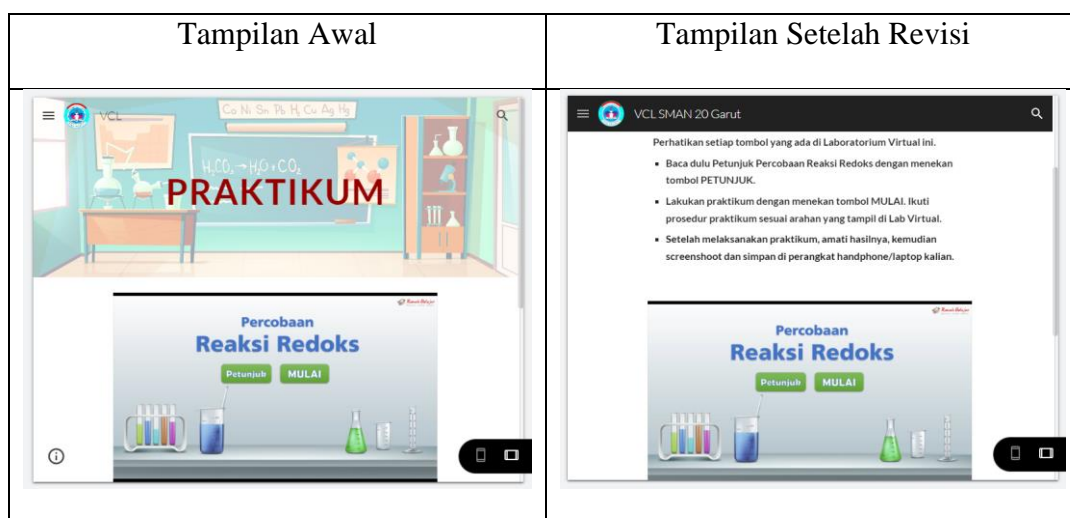
Uji coba kedua dilaksanakan pada tanggal 26 Agustus 2024. Berdasarkan hasil tes, diperoleh skor rata-rata hasil tes sebesar 78,23. Skor rata-rata naik dibanding uji coba pertama. Sementara jika dilihat dari indikator keterampilan berpikir kritis, maka skor rata-rata tiap indikator dapat dilihat pada tabel 4.8.

**Tabel 4.8**  
**Skor rata-rata Indikator Berpikir Kritis pada Uji Coba ke-2**

Indikator Berpikir Kritis	Skor Rata-rata
Berargumen yang Logis	84,9
Mengambil Keputusan Berdasarkan Bukti	79,6
Menarik Kesimpulan	79,6
Merumuskan Pemecahan Masalah	67,7
Mengevaluasi Hasil Pengamatan	79,0

Dari hasil uji coba ke-2, skor rata-rata indikator berpikir kritis terendah adalah 67,7 untuk keterampilan merumuskan pemecahan masalah, sedangkan skor tertinggi sebesar 84,9 untuk keterampilan berargumen yang logis. Secara umum semua indikator berpikir kritis skor rata-ratanya mengalami kenaikan.

Terkait dengan akseptansi VCL, beberapa siswa merasa kesulitan untuk melaksanakan praktikum karena perintahnya kurang jelas. Oleh karenanya dilakukan revisi di halaman praktikum dengan menambahkan keterangan tentang apa saja yang harus dilakukan oleh siswa atau user.



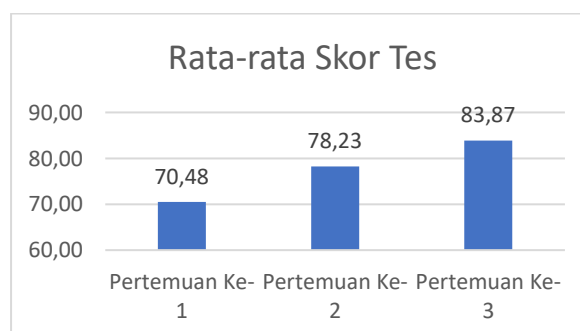
### 3) Uji Coba Ketiga

Uji coba kesatu dilaksanakan pada tanggal 28 Agustus 2024. Berdasarkan hasil tes, diperoleh skor rata-rata hasil tes sebesar 83,87. Skor rata-rata naik dibanding uji coba kedua. Sementara jika dilihat dari indikator keterampilan berpikir kritis, maka skor rata-rata tiap indikator dapat dilihat pada tabel 4.9.

**Tabel 4.9**  
**Skor Rata-rata Indikator Berpikir Kritis pada Uji Coba ke-3**

Indikator Berpikir Kritis	Skor Rata-rata
Berargumen yang Logis	89,2
Mengambil Keputusan Berdasarkan Bukti	82,8
Menarik Kesimpulan	83,9
Merumuskan Pemecahan Masalah	75,0
Mengevaluasi Hasil Pengamatan	85,5

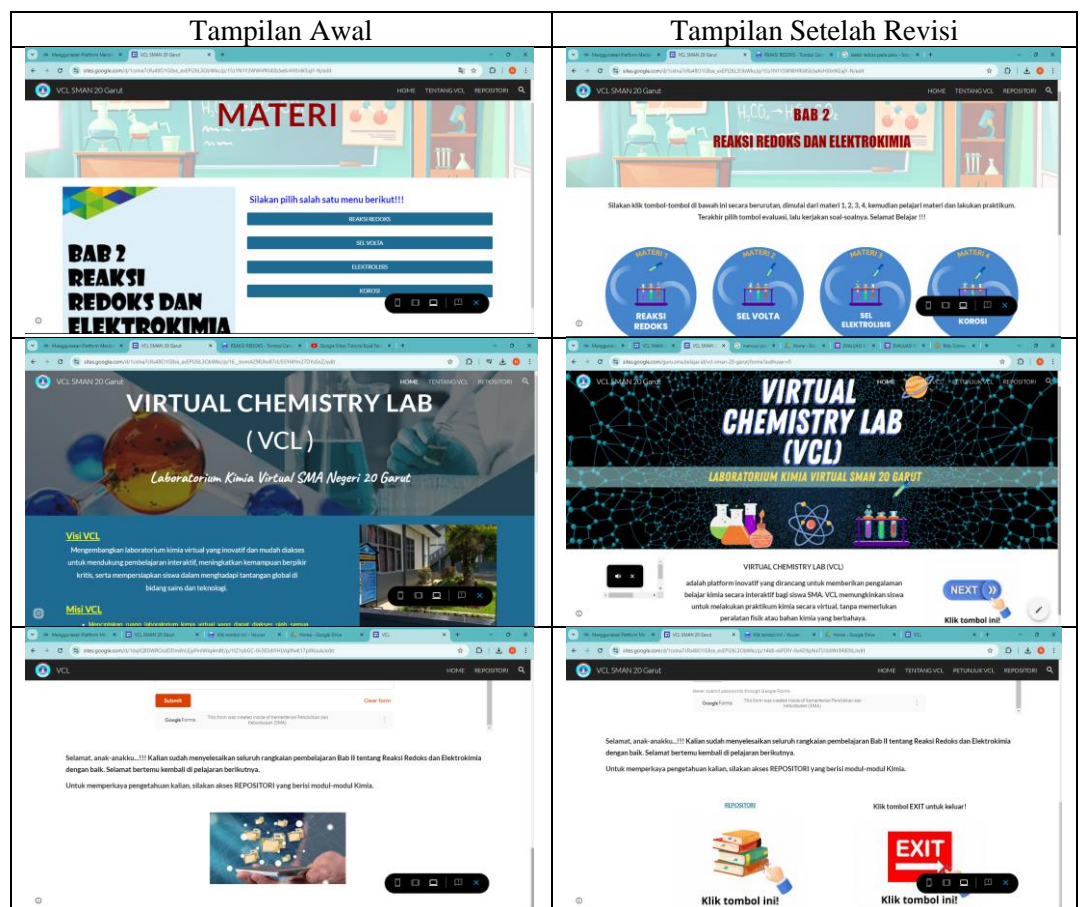
Dari hasil uji coba ke-3, skor rata-rata indikator berpikir kritis terendah adalah 75,0 untuk keterampilan merumuskan pemecahan masalah, sedangkan skor tertinggi sebesar 89,2 untuk keterampilan berargumen yang logis. Secara umum rata-rata skor tes untuk uji coba ke-1, ke-2, dan ke-3 mengalami kenaikan, sebagaimana terlihat pada grafik di bawah. Skor rata-rata untuk semua indikator berpikir kritis juga mengalami kenaikan.



Gambar 4.28 Skor rata-rata 3x tes

Terkait dengan akseptansi VCL, beberapa siswa merasa kesulitan untuk menemukan menu pilihan materi karena tulisan pada menu pilihan materi kurang kontras dan terlalu flat, sehingga user mungkin tidak mudah mengenali menu tersebut. Kemudian di halaman ini belum muncul menu EVALUASI untuk materi Bab 2. Oleh karenanya judul halaman dan tampilan menu diubah dengan beberapa perubahan sebagai berikut:

- tombol-tombol berbentuk lingkaran menggunakan gambar animasi tabung reaksi dan pipet tetes yang bergerak
- tulisan judul materi lebih kontras
- ditambahkan menu evaluasi.



Pada tampilan beranda juga dilakukan revisi supaya tidak terlalu flat, tulisan *Virtual Chemistry Lab (VCL)* ditampilkan dalam bentuk *running text* dan ditambahkan *background* untuk menambah semangat bagi user dalam melaksanakan pembelajaran. Di bawah header ditampilkan penjelasan singkat mengenai VCL, baru kemudian Visi-Misi VCL. Untuk menarik perhatian user, maka tombol-tombol navigasi dibuat berkedip dan diberi keterangan “Klik tombol ini!”

**b. Uji Lapangan Utama (*main field testing*)**

Setelah VCL diimplementasikan di lapangan terbatas, maka VCL yang telah direvisi didiseminasikan ke kelompok subjek penelitian di kelas yang berbeda dengan kelompok uji coba. Penelitian uji lapangan utama ini dilaksanakan selama satu pekan, mulai tanggal 10 s.d. 17 September 2024 dengan jumlah sampel penelitian sebanyak 30 siswa kelas XII MIPA 2.

**5. Evaluasi (*Evaluation*)**

Evaluasi dilakukan untuk menilai kualitas produk VCL sebelum dan sesudah digunakan. Hasil evaluasi berguna untuk memberikan umpan balik kepada pengembang media. Jika masih masih diperlukan adanya perbaikan, maka dilakukan perbaikan seperlunya.

Revisi tahap pertama dilakukan setelah proses validasi dari ahli media dan ahli materi. Beberapa hal yang direvisi berdasarkan saran dari ahli materi diantaranya tujuan pembelajaran harus sesuai dengan indikator berpikir kritis, penulisan rumus kimia harus benar agar tidak menimbulkan miskonsepsi, serta

penambahan quis di setiap sub-bab. Sementara saran dari ahli media adalah perubahan tampilan menu awal atau beranda harus menarik dengan ditambahkan tulisan bergerak atau *running text* dan *background*.

Revisi tahap kedua dilakukan setelah uji coba VCL di kelas Uji Coba Terbatas. Karena beberapa siswa mengalami beberapa kesulitan, terutama dalam menemukan tombol navigasi, maka tombol-tombol navigasi dibuat dengan animasi berkedip. Selain itu dibuatkan petunjuk mengenai fungsi masing-masing tombol seperti gambar berikut:



Gambar 4.29 Petunjuk penggunaan VCL

Setelah mengalami beberapa kali revisi, maka VCL kemudian digunakan untuk menguji dampaknya terhadap peningkatan kemampuan berpikir kritis di kelas XII MIPA 2 dengan serangkaian sintak pembelajaran yang dimulai dengan pretest dan diakhiri dengan posttest.

Untuk mengetahui seberapa besar peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa pada pembelajaran kimia di SMA Negeri 20 Garut, maka dilakukan uji N-Gain.

Rumus N-Gain:

$$N\ Gain = \frac{Skor\ Posttest - Skor\ Pretest}{Skor\ Ideal - Skor\ Pretest}$$

Dari rumus di atas akan diperoleh N-Gain Score dan N-Gain Persen.

Interpretasi dari data N Gain Score adalah sebagai berikut:

<b>Pembagian Skor Gain</b>	
Nilai N-Gain	Kategori
$g > 0,7$	Tinggi
$0,3 \leq g \leq 0,7$	Sedang
$g < 0,3$	Rendah

Sumber: Melzer dalam Syahfitri, 2008:33

Sedangkan interpretasi data dari N Gain Persen adalah sebagai berikut:

<b>Kategori Tafsiran Efektivitas N-Gain</b>	
Presentase (%)	Tafsiran
$< 40$	Tidak Efektif
40 – 55	Kurang Efektif
56 – 75	Cukup Efektif
$> 76$	Efektif

Sumber: Hake, R.R, 1999

Dengan menggunakan rumus di atas, maka diperoleh skor N-Gain dan persentase N-Gain sekaligus hasil interpretasinya sebagai berikut:

**Tabel 4.10**  
**Hasil Uji N Gain**

Kode Subjek	Pretes	Postes	N Gain Score	Interpretasi N Gain Score	N Gain Persen	Interpretasi N Gain Persen
S1	55	85	0.67	Sedang	67%	Cukup Efektif
S2	45	90	0.82	Tinggi	82%	Efektif
S3	45	80	0.64	Sedang	64%	Cukup Efektif
S4	60	90	0.75	Tinggi	75%	Cukup Efektif
S5	30	70	0.57	Sedang	57%	Cukup Efektif
S6	30	65	0.50	Sedang	50%	Kurang Efektif
S7	35	80	0.69	Sedang	69%	Cukup Efektif
S8	50	80	0.60	Sedang	60%	Cukup Efektif
S9	45	85	0.73	Tinggi	73%	Cukup Efektif
S10	50	85	0.70	Sedang	70%	Cukup Efektif
S11	50	85	0.70	Sedang	70%	Cukup Efektif
S12	60	100	1.00	Tinggi	100%	Efektif
S13	50	80	0.60	Sedang	60%	Cukup Efektif
S14	60	100	1.00	Tinggi	100%	Efektif
S15	40	70	0.50	Sedang	50%	Kurang Efektif
S16	55	85	0.67	Sedang	67%	Cukup Efektif
S17	50	80	0.60	Sedang	60%	Cukup Efektif
S18	50	80	0.60	Sedang	60%	Cukup Efektif
S19	30	65	0.50	Sedang	50%	Kurang Efektif
S20	40	70	0.50	Sedang	50%	Kurang Efektif
S21	50	80	0.60	Sedang	60%	Cukup Efektif
S22	35	70	0.54	Sedang	54%	Kurang Efektif
S23	55	95	0.89	Tinggi	89%	Efektif

S24	45	80	0.64	Sedang	64%	Cukup Efektif
S25	55	85	0.67	Sedang	67%	Cukup Efektif
S26	50	85	0.70	Sedang	70%	Cukup Efektif
S27	45	85	0.73	Tinggi	73%	Cukup Efektif
S28	45	85	0.73	Tinggi	73%	Cukup Efektif
S29	50	80	0.60	Sedang	60%	Cukup Efektif
S30	55	95	0.89	Tinggi	89%	Efektif
<b>Skor Rata-rata N Gain</b>			<b>0.68</b>	<b>Sedang</b>	<b>68%</b>	<b>Cukup Efektif</b>

Berdasarkan hasil interpretasi N-Gain Score bahwa terdapat pengaruh *Virtual Chemistry Lab (VCL)* berbasis *Google Site* terhadap peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa pada pembelajaran kimia di SMA Negeri 20 Garut dengan tingkat peningkatan sebesar 0,68. Hal ini berarti peningkatan keterampilan berpikir kritis melalui penggunaan *Virtual Chemistry Lab (VCL)* berbasis *Google Site* berada di kategori sedang.

Sementara berdasarkan hasil interpretasi N-Gain Persen bahwa terdapat pengaruh *Virtual Chemistry Lab (VCL)* berbasis *Google Site* terhadap peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa pada pembelajaran kimia di SMA Negeri 20 Garut dengan tingkat peningkatan sebesar 68%. Hal ini berarti peningkatan keterampilan berpikir kritis melalui penggunaan *Virtual Chemistry Lab (VCL)* berbasis *Google Site* disimpulkan cukup efektif.

Berdasarkan hasil postes, jika dibandingkan dengan nilai KKM Kimia kelas XII yaitu 80, maka sejumlah 24 siswa mendapatkan nilai  $\geq 80$ . Hal ini berarti 80% siswa mencapai ketuntasan setelah mengikuti proses pembelajaran menggunakan

VCL. Hasil postes ini semakin menguatkan, bahwa penggunaan VCL efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa.

## **B. Pembahasan**

### **1. Analisis Kebutuhan**

Tahap analisis kebutuhan dalam pengembangan *Virtual Chemistry Lab* (VCL) ini mencerminkan adanya kesenjangan antara tujuan pembelajaran kimia untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa dengan praktik pengajaran yang lebih menitikberatkan pada hafalan konsep. Berdasarkan hasil survei terhadap 41 responden, sebanyak 46,3% menyatakan guru cukup sering mendorong siswa untuk menganalisis data secara kritis, sedangkan 41,5% menyatakan jarang. Hasil ini menunjukkan bahwa meskipun terdapat upaya dari guru untuk melibatkan siswa dalam analisis data, persentase yang tinggi dari responden yang merasa jarang diajak berpikir kritis menjadi indikasi penting bahwa peran analisis kritis dalam pembelajaran kimia masih perlu ditingkatkan.

Para ahli menekankan pentingnya pembelajaran yang mendorong keterampilan berpikir kritis, terutama dalam mata pelajaran seperti kimia yang melibatkan analisis data, formulasi hipotesis, dan pemecahan masalah. Menurut Facione (2015), berpikir kritis melibatkan kemampuan untuk mengevaluasi informasi secara mendalam, mencari pola, dan mengambil kesimpulan yang logis. Hal ini sangat relevan dalam kimia, di mana siswa diharapkan tidak hanya menghafal konsep tetapi juga mengaplikasikan konsep tersebut dalam situasi yang bervariasi (Paul & Elder, 2019).

Selain itu, Nickerson (2020) menjelaskan bahwa laboratorium virtual dapat menjadi alat pembelajaran yang efektif dalam memberikan pengalaman langsung dalam eksperimen dan analisis data tanpa memerlukan fasilitas laboratorium fisik. Virtual lab dapat membantu siswa memahami langkah-langkah dalam metode ilmiah serta memberikan ruang untuk refleksi, seperti yang disarankan oleh Jonassen (2011), yang menyatakan bahwa teknologi pendidikan berbasis eksperimen mampu mengembangkan keterampilan berpikir kritis dengan menyediakan simulasi dari berbagai skenario yang menantang siswa untuk berpikir kritis.

Dengan adanya 41,5% responden yang merasa jarang mendapatkan kesempatan untuk berpikir kritis, maka pengembangan VCL ini dapat menjadi solusi inovatif. VCL diharapkan mampu menyediakan skenario pembelajaran berbasis proyek atau problem-based learning (PBL) yang terbukti efektif meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa (Hmelo-Silver, 2004). Dengan pendekatan berbasis PBL dan simulasi eksperimen virtual, siswa didorong untuk mengidentifikasi masalah, menganalisis data yang disediakan, serta menyusun laporan yang memerlukan kemampuan refleksi dan evaluasi kritis.

Berdasarkan hasil analisis ketersediaan sarana prasarana, menunjukkan kesiapan SMAN 20 Garut untuk mengimplementasikan *Virtual Chemistry Lab (VCL)* berbasis *Google Site*. Berdasarkan data yang ada, dapat disimpulkan bahwa siswa dan sekolah sudah memiliki dukungan infrastruktur yang cukup untuk memanfaatkan laboratorium virtual ini, baik dalam akses perangkat maupun keterampilan teknis guru.

a) Akses Perangkat dan Internet oleh Siswa

Data menunjukkan bahwa 97,6% siswa di SMAN 20 Garut memiliki akses ke perangkat *smartphone* dan internet. Menurut Sudarman (2020), aksesibilitas terhadap perangkat dan internet adalah komponen utama dalam pembelajaran berbasis teknologi, karena hal ini memudahkan siswa untuk mengakses sumber belajar kapan saja dan di mana saja. Dengan mayoritas siswa yang sudah memiliki perangkat *smartphone* dan akses internet, mereka akan mudah mengakses VCL berbasis *Google Site* yang dikembangkan. Hal ini juga sejalan dengan pendapat Roblyer dan Doering (2012), yang menyatakan bahwa teknologi *mobile* dapat meningkatkan keterlibatan siswa dan memungkinkan pengalaman belajar yang lebih dinamis dan fleksibel.

b) Alternatif Penggunaan Laboratorium Komputer Sekolah

Tersedianya 2 ruang laboratorium komputer dengan 50 unit komputer klien di SMAN 20 Garut menjadi alternatif bagi siswa yang mungkin mengalami kendala dalam penggunaan *smartphone* atau internet di rumah. Pemanfaatan laboratorium komputer sebagai alternatif akses ini mendukung konsep “fleksibilitas akses,” sebagaimana disebutkan oleh Bernard et al. (2004), di mana ketersediaan perangkat alternatif meningkatkan inklusivitas pembelajaran berbasis teknologi bagi seluruh siswa. Selain itu, Anderson (2010) menekankan bahwa lingkungan pembelajaran berbasis laboratorium komputer dapat membantu mengurangi ketimpangan akses teknologi di antara siswa.

c) Keterampilan IT Guru Kimia

Guru kimia di SMAN 20 Garut memiliki keterampilan dalam menggunakan teknologi dan mengembangkan *website*, yang merupakan faktor penting dalam keberhasilan implementasi VCL. Menurut Prensky (2001), guru yang memiliki keterampilan teknologi dapat membantu mempercepat adaptasi siswa terhadap media pembelajaran digital dan meningkatkan efektivitas pembelajaran berbasis teknologi. Dengan guru yang berkemampuan IT, pengembangan VCL akan lebih mudah dalam hal penyusunan materi dan pengelolaan kelas berbasis digital. Selain itu, Cifuentes et al. (2004) menyatakan bahwa kesiapan guru dalam teknologi juga mampu meningkatkan interaktivitas pembelajaran dan membuat materi lebih kontekstual sesuai dengan kebutuhan siswa.

d) Platform Digital Terintegrasi dalam VCL

Pemanfaatan Google Site yang mengintegrasikan platform seperti PhET *Interactive Simulations*, lab maya Rumah Belajar, *Google Form*, YouTube, Canva, dan e-book SIBI menunjukkan penggunaan media pembelajaran yang beragam. Menurut Mayer (2009), media yang bervariasi dalam pembelajaran kimia dapat membantu siswa dalam memahami konsep abstrak melalui visualisasi dan simulasi. Penelitian dari Wieman dan Perkins (2006) juga mendukung penggunaan simulasi dalam kimia, di mana PhET *Interactive Simulations* dapat membantu siswa memahami konsep-konsep kimia yang kompleks. Hal ini sesuai dengan konsep pembelajaran multimodal, yang menurut Fleck (2012) meningkatkan pemahaman siswa melalui berbagai jenis input sensorik, seperti visual, auditori, dan interaksi langsung.

Dengan dukungan sarana yang cukup memadai dan kompetensi guru yang baik, pengembangan VCL di SMAN 20 Garut memiliki peluang besar untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa. Akses ke berbagai sumber digital dan laboratorium virtual ini memungkinkan siswa melakukan eksperimen virtual dan mengembangkan keterampilan analitis yang esensial dalam kimia.

## **2. Desain *Virtual Chemistry Lab (VCL)***

Tahap desain dalam pengembangan *Virtual Chemistry Lab (VCL)* berfokus pada penyusunan alur pembelajaran yang bertujuan untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa, terutama dalam memahami konsep reaksi redoks dan elektrokimia. Proses desain ini dimulai dengan menyusun alur pembelajaran dalam bentuk diagram alir atau *flowchart* yang memberikan gambaran menyeluruh tentang langkah-langkah pembelajaran di dalam VCL. *Flowchart* ini digunakan untuk mengatur langkah-langkah yang akan dilalui siswa dalam menggunakan VCL, mulai dari tahap pengenalan konsep, pelaksanaan praktikum, analisis data, hingga evaluasi dan refleksi. Menurut Darmawan (2016), *flowchart* membantu memberikan gambaran yang jelas dan sistematis mengenai alur proses, serta memudahkan pengembang untuk memastikan bahwa setiap langkah dalam VCL memiliki tujuan yang terukur dan sesuai dengan kompetensi yang ingin dicapai.

## **3. Pengembangan *Virtual Chemistry Lab (VCL)***

Pada tahap pengembangan, pemilihan Google Site sebagai platform dasar untuk pengembangan *Virtual Chemistry Lab (VCL)* dilandasi oleh sejumlah pertimbangan, terutama terkait kemudahan akses, fleksibilitas, dan integrasi fitur-

fitur pendukung yang dibutuhkan dalam pembelajaran berbasis virtual. Berikut adalah beberapa alasan mengapa VCL dikembangkan berbasis Google Site :

a) Kemudahan Akses dan Penggunaan oleh Siswa dan Guru

*Google Site* adalah platform yang mudah diakses dan digunakan, baik oleh siswa maupun guru, tanpa memerlukan keterampilan teknis yang rumit. Menurut Siahaan (2018), salah satu keunggulan utama dari *Google Site* adalah antarmuka yang ramah pengguna, yang memungkinkan guru untuk merancang halaman pembelajaran tanpa perlu keahlian coding atau desain web. Hal ini sangat penting dalam konteks VCL, karena guru dapat dengan mudah membuat dan mengelola materi pembelajaran, sedangkan siswa dapat mengaksesnya dengan satu klik dari perangkat mereka. Kemudahan akses ini menjadi faktor penting dalam memastikan VCL dapat diakses secara luas oleh semua siswa di SMAN 20 Garut, yang mayoritas memiliki akses internet dan perangkat seperti *handphone*.

b) Kemampuan Integrasi dengan Berbagai Alat Pembelajaran

Google Site memiliki kemampuan integrasi yang sangat baik dengan berbagai alat pembelajaran digital, seperti PhET *Interactive Simulations*, Google Forms, YouTube, Canva, dan Rumah Belajar Kemdikbudristek. Hal ini memungkinkan VCL untuk menyajikan konten pembelajaran yang interaktif dan variatif, yang dapat mendukung proses berpikir kritis siswa. Menurut Iskandar (2019), integrasi antara *Google Site* dengan alat-alat interaktif lain memungkinkan pembelajaran menjadi lebih kaya dan mendalam, sehingga siswa dapat mengakses berbagai sumber daya di satu platform. Fitur integrasi ini penting untuk materi

kimia yang abstrak, seperti reaksi redoks dan elektrokimia, di mana visualisasi dan simulasi sangat membantu pemahaman siswa.

c) Fleksibilitas dalam Penyusunan Konten Dinamis

*Google Site* memungkinkan guru untuk membuat halaman pembelajaran yang dinamis dan dapat diperbarui secara berkala sesuai kebutuhan pembelajaran. Menurut Hamzah (2020), fleksibilitas *Google Site* memudahkan guru dalam melakukan pembaruan materi, menambahkan informasi terkini, atau mengubah tugas sesuai kebutuhan, yang membuat pembelajaran tetap relevan dan responsif terhadap perkembangan. Dalam konteks VCL, fleksibilitas ini memudahkan pengembangan materi pembelajaran yang sesuai dengan kompetensi dasar dan kebutuhan siswa, khususnya dalam pembelajaran materi elektrokimia dan reaksi redoks yang sering membutuhkan penjelasan kontekstual yang variatif.

d) Kemampuan Menyimpan dan Mengelola Data Pembelajaran

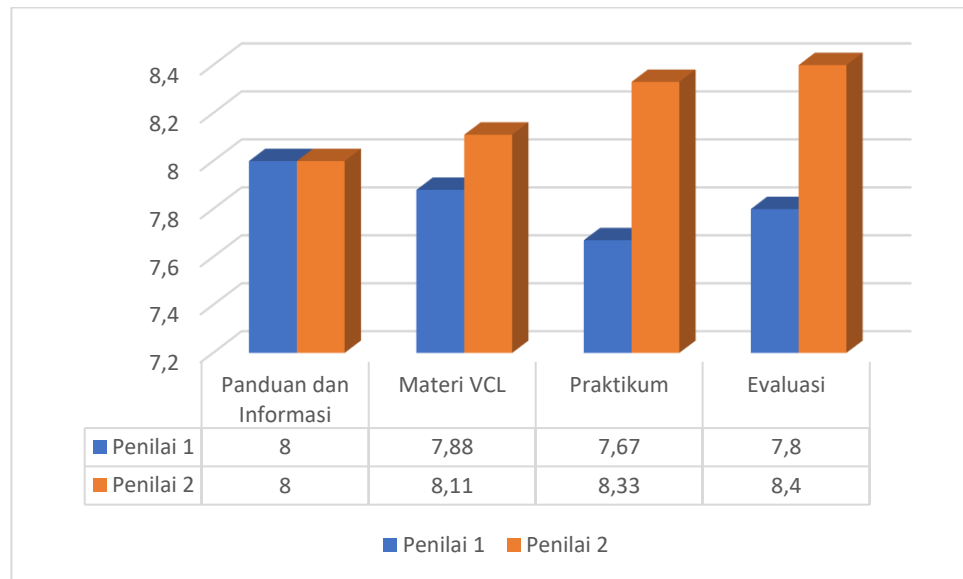
*Google Site* juga menyediakan kemampuan untuk mengintegrasikan *Google Forms*, yang berguna dalam evaluasi pembelajaran dan pengumpulan data refleksi siswa. Menurut Rachman (2021), fitur ini sangat membantu guru dalam mengelola hasil belajar siswa, mengidentifikasi kesulitan yang dihadapi, dan melakukan evaluasi terhadap pemahaman konsep siswa. Dalam VCL, fitur ini dapat digunakan untuk memberikan kuis, survei, atau refleksi setelah sesi simulasi sehingga guru dapat memantau perkembangan berpikir kritis siswa secara *real-time*.

e) Efisiensi Biaya dan Dukungan Teknis Minimal

Salah satu alasan kuat lainnya adalah efisiensi biaya dan kebutuhan dukungan teknis yang minimal. *Google Site* adalah platform gratis yang

menyediakan akses tanpa batas bagi pengguna untuk mengembangkan website pendidikan, sehingga lebih hemat biaya dibandingkan dengan platform lain. Selain itu, menurut Haryanto (2017), pemilihan platform yang gratis namun berkualitas seperti *Google Site* dapat membantu sekolah menghemat anggaran dan lebih fokus pada pengembangan materi dan sumber daya yang dibutuhkan dalam pembelajaran. Ketersediaan *Google Site* sebagai platform gratis sangat mendukung tujuan SMAN 20 Garut dalam menyediakan sarana belajar yang efektif tanpa membebani biaya tambahan. Peneliti sebagai pengembang VCL merasa terbantu untuk mewujudkan hadirnya laboratorium virtual dengan memanfaatkan aplikasi *Google Site*.

Produk VCL yang sudah dikonsultasikan dengan dosen pembimbing, kemudian divalidasi oleh ahli materi dan ahli media menggunakan instrumen yang telah dirancang. Setelah itu disebar angket untuk mengetahui akseptabilitas produk VCL pada sejumlah siswa. Berdasarkan hasil evaluasi yang dilakukan oleh ahli materi, *Virtual Chemistry Lab (VCL)* yang dikembangkan memperoleh skor rata-rata sebesar 8,00 dari skala maksimal 10, yang masuk dalam kategori “sangat layak” untuk digunakan dalam pembelajaran. Hasilnya dapat dilihat pada gambar diagram berikut:



Gambar 4.30 Diagram hasil validasi ahli materi

Dilihat dari aspek panduan dan informasi, kedua penilai memberikan skor yang sama, yaitu 8, sementara untuk materi VCL, praktikum dan evaluasi salah satu penilai memberikan skor kurang dari 8. Hal ini dikarenakan ada beberapa hal yang harus direvisi dari konten VCL diantaranya:

- a) Penulisan rumus kimia harus diperbaiki, karena hal itu merupakan salah satu kemampuan dasar yang harus diajarkan dengan baik dan benar terhadap siswa. Menurut Purwanto (2017), pemahaman dan keterampilan dalam menuliskan rumus kimia dengan benar adalah fondasi dasar yang membantu siswa untuk memahami struktur, sifat, dan reaksi kimia secara keseluruhan. Kesalahan dalam penulisan rumus kimia dapat menyebabkan miskonsepsi yang dapat mempengaruhi pemahaman konsep-konsep kimia yang lebih kompleks. Dalam konteks ini, ahli materi merekomendasikan perbaikan penulisan rumus kimia pada VCL agar sesuai dengan standar akademik yang benar dan konsisten, yang secara langsung juga dapat melatih siswa dalam

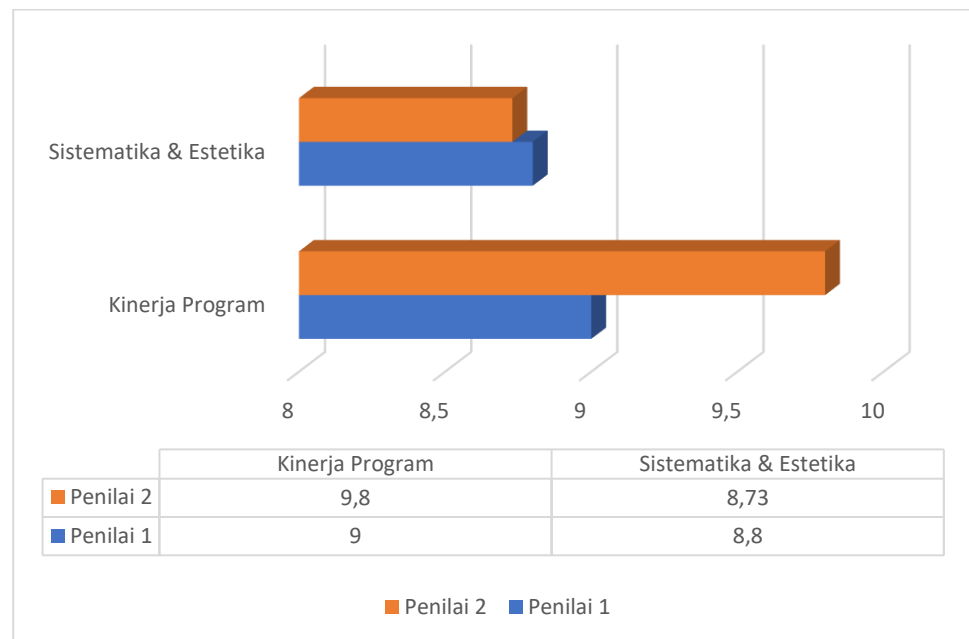
keterampilan dasar kimia. Namun hal ini menjadi salah satu kendala yang dialami oleh pengembang, karena *Google Site* tidak menyediakan fasilitas edit teks berupa *subscript* atau *superscript*. Fasilitas ini sangat diperlukan dalam menuliskan rumus kimia yang tepat. Jadi untuk menampilkan rumus-rumus kimia yang benar, teks harus dibuat dalam bentuk gambar, baru diupload di *Google Site*.

- b) Soal evaluasi beberapa harus diperbaiki, jika soalnya menuntut pada pemahaman atau analisis maka sajikan data, dan jangan menuntut anak untuk menghafal data. Ahli materi juga memberikan masukan untuk memperbaiki soal evaluasi dengan menambahkan data yang relevan dan mengurangi soal yang hanya menuntut hafalan. Sebagai contoh, jika soal tersebut menuntut pemahaman atau analisis, maka sebaiknya disajikan data atau informasi yang relevan agar siswa bisa menganalisis informasi tersebut. Menurut Anderson dan Krathwohl (2001), untuk mengembangkan keterampilan berpikir kritis, soal evaluasi harus didesain untuk melibatkan proses kognitif yang lebih tinggi, seperti analisis, evaluasi, dan kreasi, bukan sekadar menguji kemampuan siswa dalam menghafal data.

Hafalan, meskipun penting, bukanlah tujuan utama dalam pembelajaran kimia. Soal evaluasi dalam VCL yang menuntut analisis harus mencakup data atau skenario nyata yang memungkinkan siswa menginterpretasi dan menerapkan konsep yang dipelajari. Misalnya, jika soal tentang reaksi redoks disertai dengan data tentang keadaan oksidasi, maka siswa dapat diminta untuk menentukan produk reaksi, melakukan perhitungan stoikiometri, atau

mengevaluasi mekanisme reaksi tersebut. Hal ini sejalan dengan pendapat Sudirman (2020), yang menyatakan bahwa soal yang berbasis analisis dan aplikasi data dapat membantu siswa memahami konteks praktis dari konsep yang dipelajari, sekaligus meningkatkan kemampuan berpikir kritis mereka. Untuk perbaikan butir soal, sudah dilakukan oleh pengembang sebelum soal tersebut diujicobakan. Soal evaluasi beserta kisi-kisi yang sudah direvisi menggunakan indikator berpikir kritis bisa dilihat pada lampiran tesis ini.

Adapun hasil penilaian kelayakan VCL oleh ahli media menghasilkan rata-rata keseluruhan sebesar 9,02 dari skor maksimal 10, dengan kategori sangat layak digunakan. Ahli media memberikan penilaian tinggi juga karena VCL ini relevan dan sesuai dengan tujuan pembelajaran. Menurut Heinich et al. (2002), media pembelajaran yang baik harus sesuai dengan tujuan dan kompetensi yang ingin dicapai. VCL ini disesuaikan untuk materi kelas XII, dengan fokus pada reaksi redoks dan elektrokimia, yang merupakan bagian dari kurikulum kimia SMA. Dengan materi yang tersusun secara sistematis dan disertai aktivitas interaktif, VCL mampu mendukung pencapaian kompetensi yang ditetapkan dan mendukung pembelajaran yang bermakna bagi siswa. Hasil penilaian dari ahli media dapat dilihat pada gambar berikut:

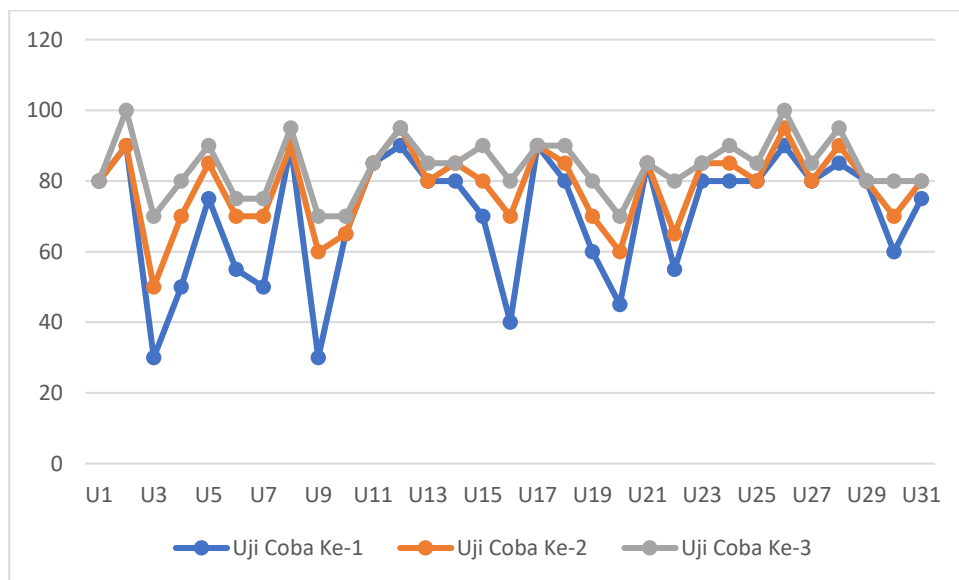


Gambar 4.31 Diagram hasil validasi ahli media

Hal yang harus direvisi dari konten VCL diantaranya karena tombol-tombol navigasi yang tidak mudah dikenali oleh siswa. Menurut Sadiman et al. (2012), salah satu kriteria media pembelajaran yang baik adalah kemudahan dalam navigasi dan aksesibilitas, karena media yang rumit dapat menghambat proses belajar. Navigasi yang baik memungkinkan siswa mengakses setiap bagian dari VCL dengan mudah, seperti materi, simulasi, dan soal evaluasi, yang semuanya dirancang agar siswa bisa belajar secara mandiri tanpa mengalami kesulitan teknis. Dengan kemudahan navigasi ini, siswa dapat fokus pada konten pembelajaran kimia, meningkatkan efektivitas belajar. Revisi untuk tombol navigasi sudah dilakukan oleh pengembang dengan menampilkan tombol yang berkedip disertai tulisan “Tekan tombol ini!”.

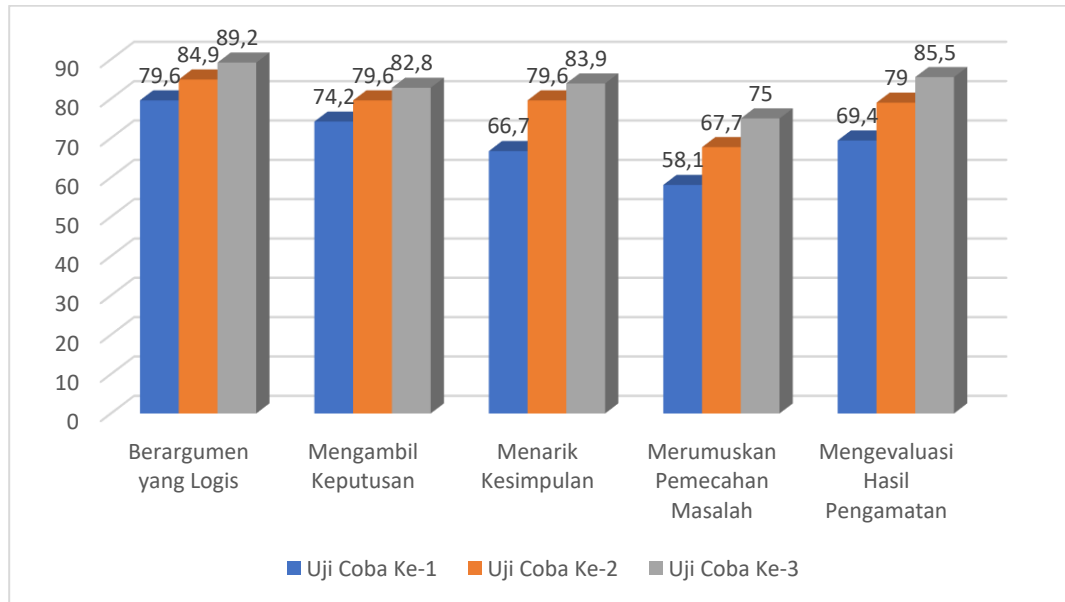
#### 4. Implementasi

Implementasi yang dilakukan pada kelas Uji Coba Terbatas sebanyak tiga kali pengujian memberikan hasil seperti terlihat pada gambar berikut:



Dilihat dari grafik di atas, skor hasil tes siswa mengalami kenaikan. Nilai uji coba ke-2 naik dibanding uji coba ke-1, begitupun nilai uji coba ke-3 naik dibanding uji coba ke-2. Hal ini menunjukkan bahwa VCL yang dikembangkan layak untuk digunakan dalam pembelajaran kimia. Peningkatan skor hasil tes menunjukkan bahwa siswa semakin memahami konsep kimia yang diajarkan melalui VCL. Menurut teori belajar konstruktivis yang dikemukakan oleh Piaget (1972), pemahaman siswa terhadap konsep akan meningkat ketika mereka dapat membangun pengetahuan mereka sendiri melalui pengalaman belajar yang aktif. VCL menyediakan media interaktif seperti simulasi dan eksperimen virtual yang memungkinkan siswa mempelajari konsep-konsep rumit, seperti reaksi redoks dan elektrokimia, secara visual dan mandiri.

Sedangkan peningkatan kemampuan berpikir kritis terlihat dari gambar berikut:



Dilihat dari grafik di atas, setiap indikator berpikir kritis juga mengalami peningkatan. Menurut Facione (2015), berpikir kritis adalah kemampuan penting dalam sains, yang mencakup kemampuan untuk menganalisis, mengevaluasi, dan menginterpretasi data. VCL yang dilengkapi soal-soal analitis dan simulasi interaktif membantu siswa mengembangkan keterampilan ini. Kenaikan skor dari uji coba ke uji coba menunjukkan bahwa VCL efektif dalam mengasah keterampilan berpikir kritis siswa, karena mereka semakin mampu menerapkan konsep kimia dalam berbagai konteks.

Penggunaan VCL yang berbasis simulasi dan eksperimen visual-kinestetik juga mendukung berbagai gaya belajar siswa. Menurut Felder dan Silverman (1988), siswa dengan gaya belajar visual dan kinestetik akan lebih mudah memahami konsep sains jika mereka diberikan media yang memungkinkan mereka melihat dan mempraktikkan konsep tersebut secara

langsung. VCL menyediakan lingkungan belajar yang sesuai dengan kebutuhan ini, yang menjadikan pengalaman belajar lebih efektif dan bermakna. Hal ini bisa menjadi alasan mengapa terjadi peningkatan skor secara konsisten pada uji coba berturut-turut.

Untuk uji coba pada kelas penelitian, akhirnya peneliti menggunakan teknik analisis data N-Gain untuk melihat seberapa besar efektifitas penggunaan VCL berdampak pada peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa pada pembelajaran kimia. Berdasarkan nilai N-Gain Score dan N-Gain Persen, dapat disimpulkan bahwa penggunaan VCL ini cukup efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa dalam pembelajaran kimia, dengan kategori sedang. Kategori “sedang” dalam hasil N-Gain menunjukkan bahwa penggunaan VCL berdampak positif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa. Menurut Facione (2015), keterampilan berpikir kritis meliputi kemampuan untuk menganalisis, mengevaluasi, dan menyimpulkan informasi secara logis, dan kemampuan ini sangat penting dalam memahami konsep-konsep ilmiah seperti kimia. Media interaktif seperti VCL menyediakan lingkungan yang mendorong siswa untuk berpikir kritis melalui eksperimen virtual dan analisis data. Melalui N-Gain, peningkatan ini menjadi lebih terukur, sehingga dapat dievaluasi apakah media pembelajaran yang digunakan berhasil mengembangkan keterampilan siswa di bidang tersebut.

Pembelajaran berbasis teknologi, seperti VCL, terbukti dapat memberikan kesempatan belajar yang lebih kaya melalui media interaktif yang mudah diakses. Menurut AECT (2008), teknologi pembelajaran mampu

menyajikan informasi dan pengalaman belajar secara interaktif, yang dapat mempercepat pemahaman siswa. Dalam pembelajaran kimia, VCL memungkinkan siswa memahami materi yang sulit secara visual dan langsung, yang berkontribusi pada peningkatan skor N-Gain. Meskipun kategori “sedang” menunjukkan efektivitas yang cukup, pengembangan lebih lanjut pada konten dan fitur interaktif dapat mendorong peningkatan yang lebih signifikan pada hasil N-Gain.

N-Gain juga membantu mengevaluasi apakah tujuan pembelajaran untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis sudah tercapai. Menurut Slavin (2015), pencapaian tujuan pembelajaran dapat diukur melalui hasil tes yang dilakukan setelah intervensi atau penggunaan media tertentu. Dengan hasil N-Gain dalam kategori “sedang,” dapat dikatakan bahwa VCL telah cukup efektif, namun masih ada peluang untuk penyempurnaan agar media ini dapat memberikan dampak yang lebih signifikan pada keterampilan berpikir kritis siswa. Penyempurnaan ini mungkin mencakup peningkatan pada kualitas konten soal analisis atau fitur yang memungkinkan refleksi dan evaluasi yang lebih mendalam.

## **5. Evaluasi**

Evaluasi terhadap efektivitas VCL dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis dapat dilihat dari hasil pretest dan post-test yang diukur menggunakan teknik analisis data seperti N-Gain. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan *Virtual Chemistry Lab (VCL)* berbasis *Google Site*

memberikan pengaruh positif terhadap peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa dalam pembelajaran kimia di SMA Negeri 20 Garut. Berdasarkan interpretasi N-Gain Score, tingkat peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa mencapai 0.68, yang termasuk kategori sedang. Selain itu, interpretasi N-Gain Percent menunjukkan peningkatan sebesar 68%, sehingga penggunaan VCL dapat disimpulkan cukup efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa.

Keberhasilan ini juga tercermin dari hasil post-test, di mana sebanyak 80% siswa mencapai ketuntasan belajar dengan nilai di atas KKM (80). Hasil ini menunjukkan bahwa VCL berbasis *Google Site* dapat membantu siswa memahami konsep kimia lebih baik, sekaligus meningkatkan kemampuan berpikir kritis mereka..

Menurut Ennis (1993), berpikir kritis adalah kemampuan untuk menganalisis, mengevaluasi, dan menyelesaikan masalah dengan menggunakan alasan yang logis dan sistematis. Dalam konteks pembelajaran, media interaktif seperti laboratorium virtual dapat membantu siswa mengembangkan keterampilan ini dengan memberikan pengalaman yang mendalam melalui simulasi. Demikian juga menurut Facione (2015), berpikir kritis mencakup kemampuan untuk melakukan analisis, evaluasi, dan penarikan kesimpulan dari data yang tersedia. VCL, yang mengintegrasikan eksperimen virtual dan simulasi interaktif, mendukung pengembangan keterampilan ini dengan memungkinkan siswa untuk berinteraksi langsung dengan konsep-konsep kimia secara visual dan praktis.

Penggunaan *Google Site* sebagai basis VCL memungkinkan pembelajaran menjadi lebih fleksibel dan menarik. Clark dan Mayer (2016) menjelaskan bahwa teknologi dalam pembelajaran memungkinkan siswa untuk belajar sesuai kecepatan mereka sendiri, meningkatkan motivasi belajar, dan memperkuat keterlibatan siswa. Hal ini relevan dengan peningkatan hasil belajar siswa di SMA Negeri 20 Garut yang menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis teknologi memberikan dampak positif terhadap ketuntasan belajar. Dengan 80% siswa mencapai ketuntasan setelah menggunakan VCL, hasil ini mendukung temuan sebelumnya oleh Hake (1998), yang mengembangkan model *Normalized Gain (N-Gain)* sebagai indikator peningkatan hasil belajar. Hasil *N-Gain* sebesar 0.68 menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis VCL memberikan kontribusi signifikan dalam membangun keterampilan berpikir kritis

Melalui evaluasi ini, dapat disimpulkan bahwa VCL berperan dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa dengan mengarahkan mereka untuk lebih fokus pada proses analitis daripada sekadar menghafal konsep.

## BAB V

### SIMPULAN DAN SARAN

#### A. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan mengenai pengembangan *Virtual Chemistry Lab (VCL)* berbasis *Google Site*, maka kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Berdasarkan analisis kebutuhan, mayoritas siswa di SMA Negeri 20 Garut memiliki akses ke perangkat dan internet yang memadai untuk mengakses *Virtual Chemistry Lab (VCL)*. Hal ini menunjukkan bahwa pengembangan VCL berbasis *Google Site* sangat relevan dan mendukung pembelajaran jarak jauh maupun tatap muka di SMAN 20 Garut.
2. Desain VCL berbasis *Google Site* yang dikembangkan untuk pembelajaran kimia di SMA menekankan pada keterampilan berpikir kritis, dengan menyediakan diagram alir yang jelas dan memuat kompetensi dasar terkait materi reaksi redoks dan elektrokimia.
3. Pengembangan VCL berbasis *Google Site* dilakukan dengan menggabungkan berbagai elemen digital seperti video, simulasi, dan e-book yang terintegrasi dalam satu platform. Media pembelajaran ini dirancang untuk mendukung keterampilan berpikir kritis dengan menyediakan soal-soal evaluasi yang mendorong siswa menganalisis data dan membuat kesimpulan.

4. Implementasi VCL di SMA Negeri 20 Garut dilakukan dengan melibatkan siswa kelas XII MIPA dalam pembelajaran materi kimia. Penggunaan VCL ini memberikan dampak positif, di mana siswa lebih terlibat dalam proses pembelajaran, khususnya pada saat melakukan simulasi eksperimen yang sebelumnya hanya bisa dilakukan di laboratorium fisik. Implementasi ini menunjukkan bahwa VCL efektif sebagai media pembelajaran berbasis teknologi yang mendukung pembelajaran kimia di SMA.
5. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa VCL berbasis *Google Site* yang dikembangkan dinilai sangat layak oleh ahli materi dan ahli media, dengan skor rata-rata yang tinggi. VCL ini memenuhi kriteria pembelajaran yang interaktif dan dapat diakses dengan mudah. Evaluasi ini menunjukkan bahwa VCL berperan penting dalam meningkatkan kualitas pembelajaran kimia di SMA.
6. Penggunaan VCL berbasis *Google Site* terbukti berdampak pada peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa. Berdasarkan hasil analisis N-Gain, terdapat peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa pada kategori sedang. Hal ini menunjukkan bahwa VCL yang dikembangkan efektif dalam mendukung pembelajaran kimia dan meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa.

## **B. Saran**

1. Pengembangan VCL berbasis *Google Site* bisa terus dilakukan dengan menambahkan fitur interaktif yang lebih kompleks, seperti eksperimen yang lebih variatif dan soal evaluasi berbasis masalah nyata. Pengayaan materi ini akan lebih mendorong siswa untuk berpikir kritis dan kreatif.

2. Agar implementasi VCL lebih optimal, disarankan agar guru kimia mendapatkan pelatihan lebih lanjut mengenai penggunaan dan pengembangan media pembelajaran digital. Hal ini akan meningkatkan kualitas pembelajaran dan memudahkan guru dalam memfasilitasi pembelajaran berbasis teknologi.
3. VCL dapat lebih dikembangkan dengan menambahkan fitur kolaboratif, seperti forum diskusi atau tugas kelompok yang memungkinkan siswa untuk bekerja sama dan saling bertukar pikiran. Ini dapat meningkatkan keterlibatan siswa dan mendorong mereka untuk mengembangkan keterampilan berpikir kritis melalui interaksi dengan teman sebaya.
4. Agar VCL dapat digunakan secara lebih luas, sebaiknya materi-materi yang dikembangkan dalam VCL disesuaikan dengan kurikulum nasional dan dapat diintegrasikan ke dalam program pembelajaran kimia di sekolah-sekolah lain. Hal ini akan memperluas manfaat VCL sebagai media pembelajaran yang mendukung pengembangan keterampilan berpikir kritis siswa secara nasional.

## DAFTAR PUSTAKA

- AECT. (2008). *Educational Technology: A Definition with Commentary*. New York: Routledge.
- Anderson, T. (2010). *The Theory and Practice of Online Learning*. AU Press.
- Anglin, G. J. (1995). *Instructional Technology: Past, Present, and Future*. Englewood, CO: Libraries Unlimited.
- Arends, R. I. (2012). *Learning to Teach*. New York: McGraw-Hill.
- Arikunto, S. (2019). *Prosedur Penelitian: Suatu Pendekatan Praktik (Revisi)*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Attia, M. N., Ibrahim, R., & Ali, S. A. (2021). Virtual Laboratory and its Effect on Students' Achievement and Motivation in Science Education: A Systematic Review of the Literature. *Journal of Baltic Science Education*, 20(4), 633-649.
- Bernard, R. M., et al. (2004). How Does Distance Education Compare with Classroom Instruction? A Meta-Analysis of the Empirical Literature. *Review of Educational Research*, 74(3), 379-439.
- Borg, W. R., & Gall, M. D. (2003). *Educational Research: An Introduction* (7th ed.). Boston: Pearson Education.
- Branch, R. M. (2009). *Instructional Design: The ADDIE Approach*. Dordrecht Heidelberg London: Springer.
- Clark, R. C., & Mayer, R. E. (2016). *E-Learning and the Science of Instruction: Proven Guidelines for Consumers and Designers of Multimedia Learning*. Wiley.
- Darmawan, D. (2014). *Inovasi Pendidikan Praktik Multi dan Pembelajaran Online*. Bandung: Remaja Rosdakarya.
- Darmawan, D. (2016). *Metode Penelitian Kuantitatif*. Bandung: Remaja Rosdakarya.
- Darmawan, D. (2016). *Mobile Learning Sebuah Aplikasi Teknologi Pembelajaran*. Jakarta: PT RajaGrafindo Persada.
- Darmawan, D. (2017). *Pengembangan Pembelajaran Berbasis Teknologi Informasi dan Komunikasi*. Bandung: Remaja Rosdakarya.
- Darmawan, D. (2020). *Teknologi Pembelajaran*. Bandung: Remaja Rosdakarya.
- Darmawan, D. (2021). *Pengelolaan dan Pengembangan Virtual Laboratorium*,

*Pendekatan Praktek Teknologi Pendidikan dan TIK*. Bandung: UPI Press.

- Dwiyogo, A., Widodo, W., & Suranto, S. (2020). "The Effect of Virtual Laboratory on Critical Thinking Skills in High School Chemistry Learning". *Journal of Science Learning*, 3(2), 82-90.
- Ennis, R. H. (1993). Critical Thinking Assessment. *Theory into Practice*, 32(3), 179-186.
- Ennis, R. H. (1985). A Logical Basis for Critical Thinking. *Teaching Philosophy*, 8(1), 1-24.
- Ennis, R. H. (1985). A Logical Basis for Measuring Critical Thinking Skills. *Educational Leadership*, 43(2), 44-48.
- Facione, P. A. (2015). *Critical Thinking: What It is and Why It Counts*. Insight Assessment.
- Fernanda, et al. (2019). "Analisis Keterampilan Berpikir Kritis Siswa Kelas XI Pada Materi Larutan Penyangga Dengan Model Pembelajaran Predict Observe Explain." *Jurnal Inovasi Pendidikan Kimia* 13(1):2326–36.
- Fisher, A. (2014). *Critical Thinking: An Introduction*. 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press.
- Fisher, A. (2009). *Critical Thinking: An Introduction*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Fleck, S. (2012). Learning through multimodal interaction: The case of collaborative problem solving. *International Journal of Science Education*, 34(3), 409-426.
- Gafur, A. (2012). *Desain Instruksional: Langkah Sistematis untuk Pengembangan Pembelajaran yang Efektif*. Yogyakarta: Penerbit Ombak.
- Gardner, H. (1983). *Frames of Mind: The Theory of Multiple Intelligences*. New York: Basic Books.
- Gilbert, J. K., & Treagust, D. F. (2009). *Multiple Representations in Chemical Education*. Dordrecht: Springer.
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66(1), 64–74
- Hamzah, A. (2020). Fleksibilitas Media Pembelajaran Berbasis Web dalam Meningkatkan Kualitas Pembelajaran. *Jurnal Teknologi dan Pendidikan*, 8(3), 189-197.

- Haryanto, S. (2017). Penggunaan Google Site dalam Pengembangan Media Pembelajaran di Sekolah Berbasis Teknologi. *Jurnal Pendidikan dan Kebudayaan*, 12(4), 301-308.
- Haryoko, Sapto, & Jaya, Hendra. (2014). *Laboratorium Virtual: Konsep dan Desain*. Makasar: Edukasi Mitra Grafika.
- Heinich, R., Molenda, M., Russell, J., & Smaldino, S. (2002). *Instructional Media and Technologies for Learning*. New Jersey: Prentice-Hall.
- Hikmah, Nur, Nanda Saridewi, and Salamah Agung. (2017). "Penerapan Laboratorium Virtual Untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Siswa." *EduChemia (Jurnal Kimia Dan Pendidikan)* 2(2):186.
- Hmelo-Silver, C. E. (2004). Problem-Based Learning: What and How Do Students Learn?. *Educational Psychology Review*, 16(3), 235-266.
- Husaini, U. (2008). *Metodologi Penelitian Sosial*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Iskandar, R. (2019). Inovasi Pembelajaran Melalui Integrasi Teknologi dalam Media Pembelajaran Digital. *Jurnal Pendidikan Teknologi*, 10(1), 23-30
- Jannah, S., Khamidinal, N., & Suprihatiningrum, D. (2022). "Pengembangan Media Virtual Lab sebagai Alternatif Praktikum Kimia dalam Pembelajaran Daring di Masa Pandemi COVID-19". *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Kimia*, 11(1), 45-58.
- Johnson, R. H. (2010). *The Rise of Informal Logic: Essays on Argumentation, Critical Thinking, Reasoning, and Politics*. Newport News, VA: Vale Press.
- Johnstone, A. H. (1993). "The Nature of Chemistry Teaching". *Journal of Chemical Education*, 70(9), 701-705.
- Jonassen, D. H. (2011). *Learning to Solve Problems: A Handbook for Designing Problem-Based Learning Environments*. Routledge
- Kadarohman, A. (2011). "Pengembangan Keterampilan Berpikir Kritis Melalui Kegiatan Praktikum di Laboratorium Sekolah". *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran*, 18(2), 65-72.
- Kurniawan, Y., & Kaniawati, I. (2019). "Pengembangan Laboratorium Virtual dan Pengaruhnya terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Siswa SMA pada Materi Sifat Koligatif Larutan". *Jurnal Pendidikan Kimia*, 11(2), 115-123.
- Lunetta, V. N. (1998). "Laboratory Work as an Educational Tool: The Role of the Laboratory in Science Education". *Journal of Chemical Education*, 75(3), 312-317.

- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia Learning*. Cambridge University Press.
- Mulyatiningsih, E. (2019). *Pengembangan Model Pembelajaran dalam Pembelajaran*. Yogyakarta: UNY Press.
- Mulyatun. (2013). "Laboratorium Kimia Virtual: Alternatif Pembelajaran Kimia Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Mahasiswa Tadris Kimia Iain Walisongo Semarang." *Jurnal Inovasi Pendidikan Kimia* 7(1):1031–43.
- Nickerson, R. S. (2020). *Enhancing student learning through effective use of virtual labs*. Educational Technology Research and Development
- Nirwana, Ratih Rizqi. (2016). "Pemanfaatan Laboratorium Virtual Dan E-Reference Dalam Proses Pembelajaran Dan Penelitian Ilmu Kimia." *Phenomenon : Jurnal Pendidikan MIPA* 1(1):115–23.
- Novak, J. D. (2002). "Meaningful Learning: The Essential Component of Constructivist Teaching". *Journal of Chemical Education*, 79(1), 106-110.
- Patrick, P. C., & Norman, J. (1993). "The Use of Virtual Laboratories in Science Education: A Review of Advantages and Challenges". *Journal of Science Education and Technology*, 2(3), 215-226.
- Paul, R., & Elder, L. (2019). *Critical Thinking: Tools for Taking Charge of Your Learning and Your Life*. Pearson.
- Pratama, S., Suyatna, A., & Sutarno. (2021). "The Effect of Virtual Laboratory and Cognitive Style on Students' Critical Thinking Skills in Chemical Equilibrium Topic". *International Journal of Instruction*, 14(2), 601-618.
- Rahayu, S. (2017). Pendekatan Praktikum dalam Pembelajaran Kimia untuk Memfasilitasi Pemahaman Konsep. *Jurnal Pendidikan IPA*, 4(2), 90-99.
- Rachman, F. (2021). Efektivitas Google Form Sebagai Alat Evaluasi dalam Pembelajaran Daring. *Jurnal Pendidikan dan Evaluasi*, 15(1), 72-79
- Rezende, A. P., Lima, M. C., & Massi, L. (2015). "Virtual Laboratories in Science and Engineering Education: A Review". *Computers & Education*, 87, 240-250
- Roblyer, M. D., & Doering, A. H. (2012). *Integrating Educational Technology into Teaching*. Pearson.
- Sadiman, A. S., et.al (2012). *Media Pendidikan: Pengertian, Pengembangan dan Pemanfaatannya*. Jakarta: PT RajaGrafindo Persada.
- Seels, B. B., & Richey, R. C. (2000). *Instructional Technology: The Definition and Domains of the Field*. Bloomington, IN: Association for Educational Communications and Technology (AECT).

- Setyowati, S., & Widodo, W. (2019). "The Effect of Virtual Laboratory on Critical Thinking Skills in Chemistry Learning". *International Journal of Innovation, Creativity and Change*, 10(3), 1160-1173.
- Shahril, M. & Yusrizal, M. (2020). "The Effect of Virtual Laboratory on Critical Thinking Ability in Senior High School Chemistry Learning". *Journal of Physics: Conference Series*, 1521, 032070.
- Sharma, R. K., & Gupta, V. (2019). "Virtual Laboratories: A Review of Literature". *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, 8(7S2), 1200-1203.
- Siahaan, D. (2018). Pemanfaatan Google Sites dalam Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Web untuk Meningkatkan Efektivitas Belajar Siswa. *Jurnal Teknologi Pendidikan*, 6(2), 97-106.
- Sudarman, E. (2020). Aksesibilitas Teknologi dan Peranannya dalam Pendidikan. *Jurnal Pendidikan dan Teknologi*
- Sugiyono (2022). *Metode Penelitian & Pengembangan, Research and Development*. Bandung: Alfabeta.
- Sugiyono (2021). *Metode Penelitian Pendidikan (Kuantitatif, Kualitatif, Kombinasi, R&D dan Penelitian Tindakan)*. Bandung: Alfabeta.
- Suherman, D. (2020). *Inovasi Pendidikan di Era Digital*. Jakarta: Prenadamedia Group.
- Sukmadinata, N. S. (2009). *Metode Penelitian Pendidikan*. Bandung: Remaja Rosdakarya.
- Susilawati, S., & Bahtiar. (2019). Pengaruh Penggunaan Laboratorium Virtual terhadap Pemahaman Konsep Kimia. *Jurnal Pendidikan Kimia*.
- Taber, K. S. (2013). "Revisiting the chemistry triplet: Drawing upon the nature of chemical knowledge and the psychology of learning to inform chemistry education". *Chemistry Education Research and Practice*, 14(2), 156-168.
- Veza, et al. (2022). "Virtual Laboratory for Engineering Education: Review of Virtual Laboratory for Students Learning." *Engineering Science Letter* 1(02):41–46. doi: 10.56741/esl.v1i02.138.
- Warsita, B. (2009). *Teknologi Pembelajaran: Landasan dan Aplikasinya*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Wieman, C. E., & Perkins, K. K. (2006). A powerful tool for teaching science: Simulations. *Nature Reviews Physics*, 2(1), 44-50.