PENGEMBANGAN LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK ELEKTRONIK (E-LKPD) BERBASIS *GREEN CHEMISTRY*: PENCEGAHAN KOROSI MENGGUNAKAN EKSTRAK DAUN JAMBU BIJI (*Psidium guajava linn*)

SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Syarat Guna Memperoleh
Gelar Sarjana Pendidikan dalam Ilmu Kimia

Diajukan oleh:

RUKHA MAULIDA

NIM. 1808076041

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO

SEMARANG

TAHUN 2022

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Rukha Maulida

NIM : 1808076041

Jurusan : Pendidikan Kimia

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul:

PENGEMBANGAN LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK ELEKTRONIK (E-LKPD) BERBASIS *GREEN CHEMISTRY*: PENCEGAHAN KOROSI MENGGUNAKAN EKSTRAK DAUN JAMBU BIJI (*Psidium guajava linn*)

Secara keseluruhan adalah hasil penelitian/karya peneliti sendiri, kecuali bagian tertentu yang dirujuk sumbernya.

Semarang, 25 Mei 2022

Pembuat Pernyataan

Rukha Maulida

NIM. 1808076041

KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Jl. Prof. Dr. Hamka Km.02 Ngaliyan (024)76466633 Semarang 50185

HALAMAN PENGESAHAN

Naskah skripsi berikut ini:

Judul : **Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (E-LKPD) Berbasis *Green Chemistry*: Pencegahan Korosi Menggunakan Ekstrak Daun Jambu Biji (*Psidium guajava linn*)**

Penulis : Rukha Maulida
NIM : 1808076041
Prodi : Pendidikan Kimia

Telah diujikan dalam sidang tugas akhir oleh dewan penguji Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang dan dapat diterima sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana dalam ilmu pendidikan kimia.

Semarang, 27 Juni 2022

DEWAN PENGUJI

Penguji I

Anita Fibonacci, S. Pd., M. Pd.
NIP. 198711282016012901

Penguji II

Hanifah Setiowati, M. Pd.
NIP. 19930929201903202

Penguji III

Mohammad Agus Prayitno, M. Pd.
NIP. 19850502 201903 1008

Penguji IV

Lis Setiyo Ningrum, M. Pd.
NIP. 19930818 201903 2029

Pembimbing I

Anita Fibonacci, S. Pd., M. Pd.
NIP. 198711282016012901

Pembimbing II

Hanifah Setiowati, M. Pd.
NIP. 199309292019032021

NOTA DINAS

Semarang, 25 Mei 2022

Yth. Ketua Program Studi Pendidikan Kimia
Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Walisongo Semarang
Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan, dan koreksi naskah skripsi dengan:

Judul	:	**Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (E-LKPD) Berbasis *Green Chemistry*: Pencegahan Korosi Menggunakan Ekstrak Daun Jambu Biji (*Psidium guajava linn*)**
Penulis	:	Rukha Maulida
NIM	:	1808076041
Prodi	:	Pendidikan Kimia

Saya memandang bahwa naskah skripsi tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang untuk diajukan dalam Sidang Munaqasyah.
Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Pembimbing I

Anita Fibonacci, S. Pd., M. Pd.
NIP.198711282016012901

NOTA DINAS

Semarang, 25 Mei 2022

Yth. Ketua Program Studi Pendidikan Kimia
Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Walisongo Semarang
Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan, dan koreksi naskah skripsi dengan:

Judul	:	**Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (E-LKPD) Berbasis *Green Chemistry*: Pencegahan Korosi Menggunakan Ekstrak Daun Jambu Biji (*Psidium guajava linn*)**
Penulis	:	Rukha Maulida
NIM	:	1808076041
Prodi	:	Pendidikan Kimia

Saya memandang bahwa naskah skripsi tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang untuk diajukan dalam Sidang Munaqasyah.
Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Pembimbing II

Hanifah Setiowati, M. Pd.
NIP. 199309292019032021

ABSTRAK

Pandemi *Covid-19* yang tengah melanda Indonesia sangat berdampak bagi aspek pendidikan, hal tersebut menyebabkan kegiatan pembelajaran di sekolah dialihkan menjadi Pembelajaran Jarak Jauh (PJJ). Kegiatan PJJ menyebabkan peserta didik kesulitan memahami materi karena kegiatan PJJ mengharuskan peserta didik lebih banyak belajar materi secara mandiri. Berdasarkan permasalahan tersebut mengharuskan pendidik untuk menyiapkan bahan ajar bersifat interaktif yang mudah diakses oleh peserta didik, berbasis *online* dan dapat diakses melalui laptop ataupun *handphone* dari rumah. Penelitian dan pengembangan ini bertujuan untuk 1) menghasilkan Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (E-LKPD) berbasis *Green Chemistry*, pada sub materi korosi 2) mengetahui tingkat kelayakan E-LKPD berdasarkan validasi ahli dan uji coba pengembangan. Metode penelitian dan pengembangan yang digunakan adalah 4-D yang dimodifikasi menjadi 3-D dari Thiagarajan, Semmel, & Semmel (1974) yang terdiri atas tahap *define*, *design*, dan *develop*. Subjek penelitian adalah peserta didik kelas XII MIPA MAN 2 Grobogan dengan tahap uji coba *initial developmental testing* yang terdiri atas 36 peserta didik. Instrumen pengumpulan data menggunakan lembar validasi dan angket. Hasil uji coba menunjukkan bahwa E-LKPD yang telah dikembangkan dapat digunakan sebagai bahan ajar berbasis *Green Chemistry* berdasarkan hasil validasi ahli materi dengan nilai rata-rata ($\bar{X}$) 4,27 termasuk kategori sangat valid. Hasil uji validasi ahli media produk E-LKPD memperoleh nilai rata-rata ($\bar{X}$) 4,07 masuk dalam kategori valid dari segi media. Berdasarkan uji coba kepraktisan kepada peserta didik diperoleh nilai rata-rata skor ($\bar{X}$) sebesar 4,6 termasuk kategori sangat praktis menurut peserta didik.

Kata Kunci: E-LKPD, *Green Chemistry*, Korosi dan pencegahannya, *Covid-19*.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum. Wr. Wb.

Alhamdulillahirobbil'alamin, puji syukur tercurahkan kehadirat Allah Swt atas limpahan rahmat, hidayah, taufiq, serta inayah-Nya sehingga peneliti dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini dengan baik dan lancar. Sholawat serta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad Saw. Skripsi ini disusun guna memenuhi salah satu tugas dan persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan Program Pendidikan Kimia Fakultas Sains Dan Teknologi UIN Walisongo Semarang.

Proses penyusunan skripsi tidak lepas dari bantuan, dukungan, motivasi, dan do'a dari berbagai pihak. Oleh karena itu, peneliti menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. H. Ismail, M. Ag selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang
2. Ibu Atik Rahmawati S. Pd. M.Si selaku Ketua Jurusan dan Ketua Prodi Pendidikan Kimia UIN Walisongo Semarang
3. Ibu Anita Fibonacci, M. Pd dan Ibu Hanifah Setiowati, M.Pd. selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan tenaga untuk memberikan bimbingan dan arahan kepada peneliti selama proses penulisan skripsi

4. Ibu Dr. Sri Mulyanti, M.Pd dan Ibu Resi Pratiwi, M.Pd. selaku validator ahli materi yang telah memberikan penilaian kelayakan materi pada media pembelajaran dan telah memberikan banyak arahan dan informasi selama proses penelitian serta memberikan penilaian kelayakan materi pada media pembelajaran
5. Ibu Mar'attus Solihah, M.Pd selaku validator ahli media pembelajaran yang telah memberikan penilaian kelayakan media pembelajaran dan telah memberikan banyak arahan dan informasi selama proses penelitian serta memberikan penilaian kelayakan materi pada media pembelajaran
6. Bapak Mahbub Alwathoni, M.Si. selaku guru pengampu mata pelajaran kimia MAN 2 Grobogan dan validator ahli materi yang telah memberikan banyak arahan dan informasi selama proses penelitian serta memberikan penilaian kelayakan materi pada media pembelajaran
7. Ayahanda Muhammad Mughni, Ibunda Siti Rukhanati selaku orang tua peneliti yang selalu memberikan doa, motivasi, dukungan, dan segalanya yang tidak terbatas
8. Kakak dan adik keponakan yang selalu memberikan doa, motivasi, dukungan, dan segalanya kepada peneliti

9. Teman-teman Pendidikan Kimia 2018 yang telah memberikan doa, motivasi, dan dukungan, serta kenangan terindah selama menuntut ilmu
10. Semua pihak yang telah memberikan dukungan baik moril maupun materiil yang tidak dapat peneliti sebutkan satu persatu.

Peneliti tidak dapat membalas semua kebaikan yang telah diberikan, semoga Allah Swt membalas semua amal kebaikan yang telah dilakukan. Aamiin.

Semarang, 16 April 2022

Peneliti

Rukha Maulida

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI x
DAFTAR TABEL xii
DAFTAR GAMBAR xiii
DAFTAR LAMPIRAN xvi
BAB I PENDAHULUAN 1
A. Latar Belakang Masalah 1
B. Identifikasi Masalah 12
C. Pembatasan Masalah 13
D. Rumusan Masalah 13
E. Tujuan Pengembangan 14
F. Manfaat Pengembangan 14
G. Asumsi Pengembangan 15
H. Spesifikasi Produk yang Dikembangkan 16
BAB II KAJIAN PUSTAKA 17
A. Kajian Teori 17
B. Kajian Penelitian yang Relevan 59
C. Kerangka Berpikir 62
D. Pertanyaan Penelitian 64
BAB III METODE PENELITIAN 65
A. Model Pengembangan 65
B. Prosedur Pengembangan 67
C. Desain Uji Coba Produk 72
1. Desain Uji Coba 72
2. Subjek Coba 73

3. Teknik dan Instrumen Pengumpulan Data.....74
4. Teknik Analisis Data.....76
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....79
A. Hasil Pengembangan Produk Awal.....79
1. Define (Pendefinisian).....85
2. *Design* (Perancangan).....111
3. *Develop* (Pengembangan).....149
B. Hasil Uji Coba Produk.....150
C. Revisi Produk Bahan Ajar E-LKPD.....156
D. Kajian Produk Akhir Bahan Ajar E-LKPD.....189
E. Keterbatasan Penelitian.....197
BAB V SIMPULAN DAN SARAN 199
A. Simpulan Tentang Produk.....199
B. Saran Pemanfaatan Produk.....200
DAFTAR PUSTAKA.....201

DAFTAR TABEL

Tabel	Judul	Halaman
Tabel 3.1	Kriteria Tingkat Kevalidan Produk	77
Tabel 3.2	Kriteria Kepraktisan LKPD	78
Tabel 4.1	Hasil Validasi Secara Keseluruhan	152
Tabel 4.2	Kriteria Kevalidan	153
Tabel 4.3	Persentase Jawaban Peserta Didik	194

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Reaksi antara Tanin dan Fe(III)	59
Gambar 2.2	Kerangka Berpikir	64
Gambar 3.1	Prosedur Pengembangan	71
Gambar 4.1	Persentase Kebutuhan Bahan Ajar Tambahan Peserta Didik	88
Gambar 4.2	Hasil Angket Kegiatan Pembelajaran Interaktif	90
Gambar 4.3	Hasil Angket Pengetahuan *Green Chemistry*	97
Gambar 4.4	Persentase Penerapan E-LKPD	98
Gambar 4.5	Persentase Kesulitan Belajar	100
Gambar 4.6	Sampul Depan	115
Gambar 4.7	Halaman Standar Kompetensi	117
Gambar 4.8	Halaman Kompetensi Dasar dan Indikator	118
Gambar 4.9	Halaman Tujuan Pembelajaran	120
Gambar 4.10	Halaman Materi	121
Gambar 4.11	Halaman Pojok *Green Chemistry*	123
Gambar 4.12	Halaman Praktikum Pencegahan Korosi	124
Gambar 4.13	Halaman Pembahasan Praktikum	126
Gambar 4.14	Halaman Contoh Soal dan Latihan Soal	127
Gambar 4.15	Revisi Halaman Sampul Depan	129

Gambar 4.16	Revisi Halaman Standar Kompetensi	131
Gambar 4.17	Revisi Halaman Kompetensi Dasar dan Indikator	132
Gambar 4.18	Revisi Halaman Tujuan Pembelajaran	135
Gambar 4.19	Revisi Halaman Materi	137
Gambar 4.20	Tambahan Halaman Materi Revisi	137
Gambar 4.21	Halaman Diskusi	140
Gambar 4.22	Revisi Halaman Pojok *Green Chemistry*	141
Gambar 4.23	Revisi Halaman Praktikum Pencegahan Korosi	143
Gambar 4.24	Tambahan Halaman Laporan Eksperiman	143
Gambar 4.25	Halaman Lembar Kegiatan	145
Gambar 4.26	Halaman Animasi Pencegahan Korosi	147
Gambar 4.27	Reaksi Tanin dan Besi (Fe)	148
Gambar 4.28	Revisi Video	159
Gambar 4.29	Revisi Halaman Integrasi Prinsip Green Chemistry	160
Gambar 4.30	Halaman Video Faktor Yang Mempengaruhi Korosi	161
Gambar 4.31	Halaman Praktikum Mandiri	162
Gambar 4.32	Revisi Halaman Faktor yang Mempengaruhi Korosi	163
Gambar 4.33	Revisi Halaman Pencegahan Korosi	164
Gambar 4.34	Revisi Halaman Diskusi	165
Gambar 4.35	Revisi Halaman	166
Gambar 4.36	Revisi Halaman Sampul	167
Gambar 4.37	Halaman Identitas E-LKPD	168
Gambar 4.38	Halaman Kata Pengantar	168

Gambar 4.39	Halaman Daftar Isi	169
Gambar 4.40	Halaman Petunjuk Penggunaan Media dan Isi	170
Gambar 4.41	Revisi Halaman Materi Korosi	171
Gambar 4.42	Revisi Halaman Materi	172
Gambar 4.43	Revisi Halaman Materi	172
Gambar 4.44	Revisi Halaman Limbah Korosi	173
Gambar 4.45	Revisi Halaman Pojok *Green Chemistry*	174
Gambar 4.46	Revisi Halaman Inhibitor Korosi	174
Gambar 4.47	Revisi Video	175
Gambar 4.48	Halaman Penambahan Sitasi dan Daftar Pustaka	176
Gambar 4.49	Revisi Laporan Praktikum	177
Gambar 4.50	Revisi Video	178
Gambar 4.51	Halaman Cover Belakang	178
Gambar 4.52	Revisi Video	179
Gambar 4.53	Revisi Halaman Materi Korosi	181
Gambar 4.54	Revisi Halaman Materi Korosi	185
Gambar 4.55	Halaman Integrasi Prinsip *Green Chemistry* dalam Materi	192
Gambar 4.56	Halaman Latihan Soal	193
Gambar 4.57	Halaman Diskusi	195

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Judul	Halaman
Lampiran 1	Hasil Angket Kebutuhan Peserta Didik	212
Lampiran 2	Kisi-kisi Penilaian Ahli Materi	216
Lampiran 3	Kisi-kisi Penilaian Ahli Media Pembelajaran	217
Lampiran 4	Kisi-kisi Uji Kepraktisan	218
Lampiran 5	Indikator Instrumen Validasi Ahli Materi	219
Lampiran 6	Instrumen Validasi Ahli Materi	227
Lampiran 7	Indikator Instrumen Validasi Ahli Media Pembelajaran	230
Lampiran 8	Instrumen Validasi Ahli Media Pembelajaran	239
Lampiran 9	Indikator Instrumen Uji Kepraktisan	242
Lampiran 10	Angket Respon Peserta Didik	247
Lampiran 11	Persentase Jawaban Peserta Didik dari Soal E-LKPD	253
Lampiran 12	Silabus Pembelajaran	254
Lampiran 13	Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP)	273
Lampiran 14	Hasil Validasi Ahli Materi	282
Lampiran 15	Hasil Validasi Ahli Media Pembelajaran	291

Lampiran 16	Perhitungan Hasil Validasi Ahli Materi dan Media Pembelajaran	294
Lampiran 17	Hasil Angket Respon Peserta Didik	305
Lampiran 18	Perhitungan Hasil Angket Respon Peserta Didik	308
Lampiran 19	Gambaran E-LKPD	315
Lampiran 20	Dokumentasi Penelitian	319
Lampiran 21	Surat Penunjukan Pembimbing Skripsi	320
Lampiran 22	Surat Permohonan Uji Validasi	321
Lampiran 23	Surat Izin Penelitian Ke Sekolah	322
Lampiran 24	Riwayat Hidup	323
Lampiran 25	Hasil Nilai PAT Peserta Didik Subjek Uji Coba	324

BAB I
PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Ilmu kimia merupakan ilmu pengetahuan yang mempelajari semua materi yang ada dikehidupan sehari-hari serta bahan-bahan kimia baik bahan alami ataupun buatan. Ilmu kimia berkaitan erat dengan kehidupan manusia, karena kimia mempelajari hampir seluruh aspek seperti obat-obatan, minuman, makanan, dan sebagainya (Sujana dkk, 2014). Kimia dipenuhi dengan gagasan dan berbagai aplikasi sehingga kimia dapat disebut sebagai ilmu yang logis (Chang, 2005). Selama ini masih terdapat masalah dalam proses pembelajaran kimia dikarenakan konsep kimia bersifat abstrak serta memiliki kosakata yang sedikit berbeda dengan kosakata bahasa atau pelajaran lain (Marks dan Eilks, 2009). Kimia berpotensi sulit untuk dipahami oleh peserta didik karena banyak berisi grafik dan rumus-rumus seperti dalam buku teks pada umumnya (Fibonacci dkk, 2021). Ilmu kimia juga dinilai sulit untuk dipelajari dan dikembangkan karena kimia memiliki kesenjangan antara pemahaman dan penerapan konsep yang ada (Sugiyo dkk, 2009).

Pembelajaran kimia difokuskan pada tahap peserta didik membangun pengetahuan yang dimiliki. Materi yang

diajarkan tidak cukup jika hanya berasal dari pendidik, peserta didik dibimbing untuk membangun pemahaman sendiri tentang konsep yang dipelajari (Marks dan Eilks, 2009). Pendidik membimbing peserta didik untuk menemukan dan menerapkan ide secara mandiri, sehingga pendidik harus memberikan kesempatan lebih kepada peserta didik. Peserta didik seharusnya tidak hanya menghafal mengenai materi kimia tetapi juga harus memahami dan menerapkan dalam kehidupan sehari-hari (Marks dan Eilks, 2009). Salah satu materi dalam mata pelajaran kimia yang berkaitan dan sering dijumpai dalam kehidupan di sekitar peserta didik adalah materi Reaksi Redoks dan Elektrokimia terutama sub bab korosi. Topik mengenai konsep korosi dalam pelajaran kimia di kelas XII SMA adalah salah satu materi yang mencakup pembelajaran menganalisis dan membutuhkan pemahaman konsep yang benar (Yohana, 2010).

Sub materi korosi dapat dipelajari dengan menganalisis kejadian-kejadian yang ada di dalam kehidupan sehari-hari. Hasil wawancara menunjukkan jika sub materi korosi yang diajarkan lebih ditekankan pada proses terbentuknya korosi dan faktor-faktor yang menyebabkan korosi. Materi mengenai pencegahan korosi hanya dibahas tentang cara-cara yang dapat digunakan

untuk mencegah terbentuknya korosi. Pendidik hanya mengisi kegiatan pembelajaran pada sub materi korosi dengan cara ceramah dan menghafal saja. Kegiatan belajar dengan cara ceramah dan menghafal dapat menyebabkan peserta didik sulit untuk memahami materi dan memiliki proses keterampilan sains yang rendah (Meliala dkk, 2019). Kegiatan pembelajaran pada sub materi korosi akan lebih bermakna jika peserta didik berperan langsung selama kegiatan pembelajaran berlangsung, sehingga dapat memberikan pemahaman yang lebih kepada peserta didik (Yohana, 2010). Salah satu langkah yang dapat digunakan untuk meningkatkan pemahaman peserta didik pada sub materi korosi adalah dengan menerapkan kegiatan pembelajaran yang tepat (Wahyudi, 2016).

Salah satu kegiatan pembelajaran yang cocok digunakan untuk meningkatkan pemahaman peserta didik pada sub materi korosi adalah dengan menerapkan kegiatan praktikum. Kegiatan praktikum dapat meningkatkan pemahaman peserta didik, sehingga peserta didik dapat menguasai dasar-dasar, teori-teori, ataupun hukum-hukum dengan baik. Temuan dasar-dasar, teori-teori, ataupun hukum-hukum melalui praktikum menjadikan peserta didik mampu mengingat materi lebih lama (Domin, 2007).

Hasil pra riset melalui kegiatan wawancara, pendidik menyampaikan belum menerapkan kegiatan praktikum mengenai cara pencegahan korosi. Peserta didik belajar pada materi ini hanya dari penjelasan pendidik dan modul yang disediakan. Berdasarkan permasalahan tersebut sudah seharusnya pendidik pelajaran kimia menerapkan kegiatan pembelajaran yang bersifat interaktif. Kegiatan pembelajaran yang aktif dapat menuntun peserta didik untuk berperan secara langsung dalam kegiatan pembelajaran sehingga peserta didik mampu memahami materi dengan baik (Astuti dkk, 2016). Kegiatan pembelajaran aktif yang dapat diterapkan pada sub bab korosi adalah praktikum mengenai pencegahan korosi.

Korosi dapat dicegah dengan beberapa cara seperti pelapisan permukaan logam, perlindungan katodik, serta penambahan zat inhibitor korosi. Metode yang sangat mudah, murah serta sederhana prosesnya untuk memperlambat proses terbentuknya korosi yaitu dengan menggunakan inhibitor korosi (Mulyati, 2019). Selama ini inhibitor korosi yang digunakan masih menggunakan senyawa beracun (kromat dan arsenik) yang dapat mencemari atau memberi dampak negatif bagi lingkungan (Mulyaningsih, Mujiarto, & Gyani 2019). Hal tersebut dapat

memicu timbulnya *chemopobia* pada masyarakat yang beranggapan bahwa kimia sebagai bahan yang beracun dan dapat menyebabkan munculnya masalah pencemaran lingkungan. Para ahli kimia saat ini terus berusaha menemukan bahan dasar yang relatif aman digunakan dan dapat mengubah reaksi-reaksi kimia dalam industri menjadi lebih sehat dan ramah lingkungan. Usaha yang telah dilakukan sering disebut dengan nama *green chemistry* (Paristiowati dkk, 2019).

Green chemistry yang masih termasuk sebagai aspek kajian kimia yang cukup baru, kajiannya lebih difokuskan pada penerapan dasar kimia seperti menciptakan serta memakai bahan kimia yang dapat menurunkan penggunaan zat yang relatif berbahaya (Nurbaity, 2011). Bidang kajian *green chemistry* meliputi perencanaan dan pendekatan yang tepat guna mengurangi atau menghentikan terjadinya pencemaran lingkungan. Berdasarkan hal tersebut maka digunakan metode berupa analisis masalah secara ilmiah dan kreatif berkenaan dengan ancaman pencemaran lingkungan yang dapat disebabkan oleh zat kimia berbahaya (Paristiowati dkk, 2019). Istilah *back to nature* perlu dilaksanakan dalam pemakaian bahan-bahan kimia yang lebih ramah lingkungan.

Kegiatan praktikum kimia yang dilakukan di sekolah selama ini masih menghasilkan limbah cukup berbahaya, maka lebih baik jika kegiatan praktikum yang diterapkan sesuai dengan konsep *green chemistry* (Nurbaity, 2011). Penelitian yang dilakukan oleh Gabriella dan Sugiarto (2020) menyatakan jika sebagian besar peserta didik sekarang mengetahui bahwa perlindungan lingkungan itu penting, tetapi semua peserta didik belum mempraktekkan atau menerapkan dalam kehidupan sehari-hari. Berdasarkan permasalahan tersebut kegiatan praktikum akan terasa lebih bermakna jika disesuaikan dengan konsep *green chemistry*. Peserta didik adalah generasi penerus bangsa dan akan hidup berdampingan dengan masyarakat setelah lulus sekolah maka bekal pemahaman mengenai *green chemistry* akan sangat bermanfaat. Praktikum yang diterapkan dengan konsep *green chemistry* mampu meningkatkan motivasi belajar dan sikap peduli lingkungan peserta didik (Najih, 2019). Salah satu kegiatan praktikum berbasis *green chemistry* yang dapat diterapkan adalah pencegahan korosi menggunakan ekstrak daun jambu biji.

Kegiatan praktikum pencegahan korosi dengan menggunakan inhibitor alami dari ekstrak daun jambu biji diadaptasi dari penelitian yang telah dilakukan oleh

Tambun dkk (2015), kemudian diintegrasikan dengan prinsip *green chemistry*. Praktikum pencegahan korosi dengan menggunakan inhibitor korosi alami akan diterapkan sesuai dengan prinsip *green chemistry* yaitu pencegahan terbentuknya limbah, perancangan produk kimia yang aman, perancangan produk terbarukan yang ramah lingkungan, menghindari penggunaan bahan kimia yang berbahaya, toksik, dan tidak ramah lingkungan (Anastas dan Warner, 1998).

Ekstrak daun jambu biji mengandung senyawa tanin yang dapat mencegah terjadinya korosi pada baja. Baja yang digunakan dalam penelitian Tambun dkk (2015) adalah baja karbon API 5L yang dipakai pada industri gas dan minyak bumi. Inhibitor korosi alami yang akan digunakan dapat mengurangi limbah yang berbahaya karena dihasilkan dari bahan alami ekstrak daun jambu biji. Inhibitor alami tersebut lebih ramah lingkungan. Berdasarkan hasil penelitian tersebut maka peneliti akan menerapkan kegiatan praktikum pencegahan korosi pada paku dengan menggunakan inhibitor korosi alami di sekolah.

Proses pembelajaran pada materi korosi juga membutuhkan bahan ajar yang mendukung (Wahyudi, 2016). Bahan ajar adalah alat yang digunakan oleh pendidik

di sekolah untuk memfasilitasi peserta didik dalam memahami konsep materi. Bahan ajar adalah semua bahan berisi materi baik tertulis ataupun tidak tertulis yang digunakan oleh pendidik untuk membantu kegiatan pembelajaran di kelas (Sapta, 2009). Bahan ajar yang menarik dapat meningkatkan minat dan motivasi belajar peserta didik. Bahan ajar elektronik adalah bahan ajar yang materinya disajikan menjadi bentuk elektronik seperti audio visual, dan multimedia interaktif (Wahyuni dkk, 2019). Bahan ajar elektronik adalah suatu bahan berisi materi yang disusun secara sistematis serta mencakup kompetensi yang akan dicapai dalam kegiatan pembelajaran yang disajikan dalam bentuk interaktif multimedia (Abdillah, 2010). Melalui penggunaan bahan ajar diharapkan dapat membantu meningkatkan pemahaman peserta didik. Bahan ajar dapat membantu pendidik menyampaikan materinya kepada peserta didik (Pambudi, Sukardiyono, & Surjono, 2018). Bahan ajar yang digunakan diharapkan dapat mencapai tujuan dari Kurikulum 2013 yang mengharuskan peserta didik untuk memiliki keterampilan metakognitif (Aydin, 2016).

Implementasi Kurikulum 2013 selama ini masih menghadapi beberapa kendala. Kesulitan dalam proses belajar ditemukan karena faktor internal yang meliputi

minat, motivasi, kesiapan, kondisi fisik sebesar 54,04%, sedangkan faktor eksternal berasal dari lingkungan sekolah, lingkungan keluarga, dan masyarakat adalah 57,90% (Vasmin dkk, 2020). Pandemi *Covid-19* yang melanda Indonesia saat ini sangat berdampak bagi aspek pendidikan. WHO menyampaikan Pandemi *Covid-19* adalah penyebaran penyakit yang disebabkan oleh virus *Covid-19* (*SARS-CoV-2*). Pandemi *Covid-19* menyebabkan semua kegiatan pembelajaran diseluruh sekolah dialihkan menjadi Pembelajaran Jarak Jauh (PJJ).

Kegiatan PJJ menyebabkan peserta didik kesulitan memahami materi karena terdapat keterbatasan ruang dan waktu yang mengharuskan peserta didik lebih banyak belajar materi secara mandiri (Pokhrel dan Chhetri, 2021). Hasil pra riset menunjukkan sekitar 64% peserta didik membutuhkan bahan ajar tambahan yang mudah diakses untuk dipelajari di rumah selama kegiatan PJJ berlangsung. Bahan ajar dinilai dapat membantu memudahkan peserta didik memahami konsep-konsep kimia (Savitri, Firmansyah & Wibowo, 2018). Berdasarkan permasalahan tersebut mengharuskan pendidik untuk menyiapkan bahan ajar bersifat interaktif yang mudah diakses oleh peserta didik (Kurniasari, Pribowo, & Putra, 2020). Salah satu bahan ajar yang mudah diakses oleh peserta didik selama kegiatan PJJ

berlangsung adalah bahan ajar berbasis *online* yang dapat diakses melalui laptop ataupun *handphone* dari rumah (Schleicher, 2020).

Salah satu bahan ajar interaktif berbasis *online* yang sesuai untuk diterapkan selama kegiatan PJJ berlangsung adalah Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) dalam bentuk elektronik (Safitri, Haryanto & Harizon, 2021). Bahan ajar interaktif adalah bahan ajar yang menyajikan beberapa media seperti audio dan video di dalamnya untuk memberikan instruksi tertentu sehingga dapat terbentuk hubungan interaktif antara pengguna dan bahan ajar (Prastowo, 2012). LKPD dinilai dapat memudahkan kegiatan belajar peserta didik dan dapat membentuk interaksi aktif antara peserta didik dan pendidik (Zulyadaini, 2017). LKPD adalah lembar kegiatan berisi materi dan petunjuk untuk peserta didik agar peserta didik mampu menjalankan kegiatan pembelajaran sendiri melalui praktik untuk mencapai tujuan pembelajaran (Utami dan Pujiriyanto, 2020). Bahan ajar berupa LKPD tidak hanya terbatas pada media cetak tetapi LKPD dapat dikembangkan menjadi bentuk elektronik (Apriliyanti, 2019). Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (E-LKPD) memiliki beberapa keunggulan dibandingkan LKPD cetak yaitu mudah diakses, berwarna, dan tersedia pembelajaran

aktif video. E-LKPD dapat mempersingkat ruang dan waktu sehingga kegiatan belajar mengajar akan lebih efektif. E-LKPD juga menjadi media yang cukup menarik untuk meningkatkan minat belajar peserta didik (Syafitri dan Tressyalina, 2020).

LKPD yang disajikan dalam bentuk cetak ataupun digital (elektronik) tidak dapat membantu peserta didik jika tidak disusun berdasarkan aturan penyusunan LKPD yang baik dan benar. LKPD yang baik harus sesuai dengan persyaratan konstruksi meliputi penggunaan bahasa, struktur kalimat, kosakata, tingkat kesulitan dan kejelasan, teknis, dan didaktik seperti lembar kerja harus memenuhi prinsip-prinsip yang efektif (Safitri, Haryanto & Harizon, 2021). Prinsip efektif meliputi penggunaan pendekatan, model, dan metode dalam penyusunan LKPD. LKPD harus disusun berdasarkan kegiatan pembelajaran yang cocok dengan karakteristik peserta didik agar lebih bermanfaat. Alur penyusunan LKPD yang akan dikembangkan dapat dikaitkan dengan peristiwa dalam kehidupan sehari-hari agar peserta didik lebih mudah dalam memahaminya (Safitri, Haryanto & Harizon, 2021). Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, maka peneliti memiliki keinginan untuk melakukan penelitian pengembangan dengan judul "Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik

Elektronik (E-LKPD) Berbasis *Green Chemistry*: Pencegahan Korosi Menggunakan Ekstrak Daun Jambu Biji (*Psidium guajava linn*)".

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan dapat disimpulkan identifikasi masalahnya sebagai berikut:

1. Kegiatan pembelajaran pada materi reaksi redoks dan elektrokimia yang difokuskan pada sub bab korosi hanya diisi dengan kegiatan ceramah dan hafalan sehingga menyebabkan peserta didik tidak dapat bertindak secara aktif dalam kegiatan pembelajaran kimia.
2. Permasalahan lingkungan seperti limbah laboratorium di sekolah membutuhkan langkah adaptif dari lini pendidikan untuk mengurangi limbah yang dihasilkan dari kegiatan praktikum di laboratorium.
3. Pandemi *Covid-19* yang tengah melanda Indonesia menyebabkan kegiatan pembelajaran di sekolah harus dialihkan menjadi sistem pembelajaran jarak jauh sehingga kebutuhan bahan ajar yang berbasis *online* menjadi penting untuk dipenuhi.
4. Sebanyak 64% peserta didik menyebutkan masih membutuhkan bahan ajar tambahan berbasis *online*

yang mudah untuk diakses selama kegiatan Pembelajaran Jarak Jauh (PJJ) berlangsung.

C. Pembatasan Masalah

Peneliti membatasi masalah yang diteliti sebagai berikut:

1. Pengembangan E-LKPD berbasis *green chemistry* hanya mencakup materi korosi disesuaikan dengan kurikulum 2013 yaitu hanya pada Kompetensi Dasar 3.4 dan 4.4.
2. Tahap pelaksanaan pengembangan, uji coba dilakukan hanya pada kelompok kecil. Subjek pada riset ini adalah peserta didik kelas XII MIPA 1, XII MIPA 2 dan XII MIPA 3 MAN 2 Grobogan semester gasal tahun pembelajaran 2021/2022.
3. Pengembangan E-LKPD berbasis *green chemistry* menggunakan Flip PDF Profesional dengan format html5.

D. Rumusan Masalah

1. Bagaimana karakteristik Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (E-LKPD) berbasis *green chemistry*?
2. Bagaimana kelayakan dari Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (E-LKPD) berbasis *green chemistry*?

E. Tujuan Pengembangan

1. Mengetahui karakteristik dari Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (E-LKPD) berbasis *green chemistry*.
2. Mengetahui kelayakan dari Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (E-LKPD) berbasis *green chemistry*.

F. Manfaat Pengembangan

1. Manfaat Teoritik
   a. Penelitian ini diharapkan dapat mengusulkan sumbangan desain bahan ajar kimia di sekolah.
   b. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan sumbangan ilmiah dalam membuat inovasi bahan ajar kimia yang tepat untuk peningkatan kemampuan sains peserta didik.
2. Manfaat Praktis
   a. Bagi Peserta Didik:
      1) Mengembangkan antusias serta motivasi peserta didik dalam belajar mengenai sub materi.
      2) Meningkatkan pemahaman dan keterampilan kerja ilmiah peserta didik didik dalam pelajaran kimia.
      3) Meningkatkan sikap peduli lingkungan peserta didik.

b. Bagi pendidik:

1) Memberikan informasi tambahan bagi pendidik dalam memilih bahan ajar yang akan digunakan dalam sub materi korosi.

c. Bagi Sekolah:

1) Memberikan informasi ilmiah untuk sekolah ketika menentukan bahan ajar yang sesuai dengan sub materi korosi dan era digital saat ini.

d. Bagi Peneliti:

1) Peneliti dapat mengetahui bahan ajar kimia yang cocok digunakan untuk kegiatan praktikum pada sub materi korosi.

2) Peneliti mendapatkan pengalaman yang dapat diterapkan untuk menjadi pendidik yang lebih siap serta paham kebutuhan serta karakteristik peserta didik.

G. Asumsi Pengembangan

Asumsi yang dilakukan oleh peneliti untuk pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik elektronik (E-LPKD) berbasis *green chemistry* praktikum pencegahan korosi menggunakan ekstrak daun jambu biji adalah:

1. Validasi yang akan diterapkan dalam produk bahan ajar E-LKPD meliputi validasi oleh validator materi dan

media yang memiliki pengetahuan dan berkompeten dalam materi kimia dan kriteria bahan ajar kimia.

2. Validasi yang telah dilakukan menggambarkan kondisi yang sebenar-benarnya tanpa ada rekayasa, paksaan, atau pengaruh dari siapapun.
3. Instrumen penilaian angket yang telah divalidasi menggambarkan penilaian yang menyeluruh.

H. Spesifikasi Produk yang Dikembangkan

Spesifikasi produk E-LKPD berbasis *green chemistry* pada materi reaksi redoks dan elektrokimia difokuskan pada sub bab korosi:

1. Materi yang akan ditambahkan pada E-LKPD berbasis *green chemistry* adalah materi reaksi redoks dan elektrokimia difokuskan pada sub bab korosi di kelas XII SMA.
2. Sampul, KI, KD, indikator, tujuan pembelajaran, materi pendukung, contoh soal, dan soal latihan menggambarkan produk E-LKPD berbasis *green chemistry* pada materi reaksi redoks dan elektrokimia difokuskan pada sub bab korosi.
3. Teks, gambar, dan video guna membantu peserta didik memahami materi reaksi redoks dan elektrokimia difokuskan pada sub bab korosi.

BAB II
KAJIAN PUSTAKA

A. Kajian Teori

1. Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik

Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) adalah lembar kegiatan berisi materi dan pedoman bagi peserta didik agar peserta didik mampu menjalankan kegiatan pembelajaran sendiri melalui praktik untuk mencapai tujuan pembelajaran (Utami dan Pujiriyanto, 2020). LKPD adalah lembar kerja yang berisi tugas-tugas yang harus diselesaikan oleh peserta didik (Depdiknas, 2008). LKPD adalah sumber belajar yang memuat materi, rangkuman, dan pedoman penyelesaian tugas belajar yang harus dikerjakan oleh peserta didik, terkait dengan kompetensi dasar yang harus dicapai (Prastowo, 2012).

LKPD terdiri atas lima jenis, yaitu: LKPD yang digunakan untuk membantu peserta didik menemukan, menerapkan dan mengintegrasikan berbagai konsep yang ditemukan, membimbing peserta didik dalam pembelajaran, penguatan untuk peserta didik, dan kegiatan praktik (Prastowo, 2012).

Allah SWT berfirman dalam Al-Quran surat Al-'Alaq ayat 4

الَّذِيْ عَلَّمَ بِالْقَلَمِۙ

Artinya: "*Yang mengajar (manusia) dengan pena* (Q.S Al-'Alaq: 4).

Ayat di atas menjelaskan jika seorang pengajar dapat mengajar dengan bantuan pena. Pena berperan sebagai alat tulis, hal ini berarti pengajar dapat mengajar peserta didik dengan menggunakan tulisan seperti buku, modul dan LKPD. Buku atau modul yang awal mula ditulis langsung menggunakan tangan seiring dengan perkembangan waktu banyak buku modul dan LKPD atau LKS yang diketik kemudian dicetak menjadi banyak supaya lebih mudah untuk mengedarkannya. Seiring dengan berkembangnya teknologi LKPD dalam bentuk cetak dinilai kurang efisien dan kurang praktis untuk digunakan. Salah satu cara untuk mengoptimalkan LKPD adalah dengan melakukan perubahan berbasis konvergensi teknologi informasi dan komunikasi (TIK) baik dalam tampilan maupun kualitas (Herawati dkk, 2016). Berdasarkan perubahan tersebut LKPD cetak dapat diganti dengan LKPD interaktif yang dapat menjadikan materi lebih

hidup dan mendalam sehingga dapat meningkatkan inovasi dan kreativitas peserta didik.

LKPD interaktif merupakan alternatif pendukung kegiatan pembelajaran yang berisi materi dan soal latihan yang dapat diakses melalui perangkat elektronik seperti komputer atau telepon seluler. Pembelajaran dengan menggunakan LKPD interaktif dapat menciptakan suasana belajar yang menyenangkan dan tidak membosankan. Salah satu contoh LKPD interaktif yaitu penggunaan E-LKPD (Dewi, 2010). E-LKPD merupakan lembaran latihan yang dikerjakan secara digital, sistematis dan berkesinambungan dalam kurun waktu tertentu (Ramlawati dkk, 2014). E-LKPD memiliki beberapa keunggulan dibandingkan LKPD cetak yaitu dapat diakses, berwarna, dan tersedia pembelajaran aktif video. E-LKPD dapat mempersingkat ruang dan waktu sehingga kegiatan belajar mengajar menjadi lebih efektif. E-LKPD juga dapat menjadi sarana yang menarik untuk meningkatkan minat belajar peserta didik (Syafitri dan Tressyalina, 2020).

E-LKPD yang baik harus memenuhi persyaratan konstruksi, teknis, dan didaktik. Persyaratan konstruksi meliputi: persyaratan yang berkaitan

dengan penggunaan bahasa, struktur kalimat, kosakata, tingkat kesulitan dan kejelasan yang dapat dipahami oleh peserta didik, sedangkan persyaratan didaktik berarti bahwa lembar kerja harus memenuhi prinsip-prinsip yang efektif (Safitri, Haryanto & Harizon, 2021). Prinsip efektif meliputi penggunaan pendekatan, metode, serta model ketika menyusun E-LKPD.

E-LKPD harus disusun berdasarkan pendekatan dan model pembelajaran yang sesuai dengan karakteristik peserta didik agar lebih bermanfaat. Agar memudahkan peserta didik dalam memahami E-LKPD yang akan dikembangkan maka alur penyusunan E-LKPD dapat dikaitkan dengan peristiwa dalam kehidupan sehari-hari (Safitri, Haryanto & Harizon, 2021). Struktur umum E-LKPD meliputi halaman sampul, panduan penggunaan E-LKPD, kompetensi yang akan dicapai, indikator, tujuan pembelajaran, materi pokok, tugas dan penilaian (Depdiknas, 2008). Berdasarkan penjelasan di atas, dapat disimpulkan pengertian E-LKPD merupakan bahan ajar yang berisi materi, tugas dan pedoman penyelesaian tugas yang disajikan dalam bentuk digital.

2. Praktikum Berbasis *Green Chemistry*

Kimia tidak dapat dilepaskan dari kegiatan praktikum. Kegiatan praktikum adalah kegiatan yang mendukung proses pembelajaran untuk menemukan atau membuktikan prinsip yang dikembangkan (Nugroho, 2013). Melalui praktikum peserta didik dapat menemukan konsep yang mulanya abstrak menjadi lebih spesifik dan lebih mudah dipelajari. Kegiatan praktikum tidak hanya membuktikan atau membandingkan teori dan reaksi yang telah disajikan dalam materi saja. Praktikum juga mengutamakan kegiatan berpikir ilmiah yang ditandai dengan timbulnya beberapa pertanyaan yang berkaitan dengan materi yang dipelajari (Nugroho, 2013). Berdasarkan penjelasan di atas dapat disimpulkan bahwa praktikum merupakan kegiatan penunjang proses belajar yang dapat memperjelas teori dan dapat meningkatkan proses berpikir ilmiah peserta didik.

Kegiatan praktikum dapat membantu peserta didik menguasai dan mengingat materi dengan baik (Domin, 2007). Ibnu Abdil Barr menyampaikan bahwa terkadang penjelasan melalui praktik lebih kuat daripada penjelasan melalui ucapan. Kegiatan

praktikum memiliki beberapa kelebihan, di antaranya (Djamarah dan Zain, 2006):

a. Mendorong peserta didik untuk percaya dengan kebenaran dari hasil percobaannya.
b. Mendorong peserta didik untuk membuat penemuan baru berdasarkan hasil percobaan sehingga bermanfaat bagi kehidupan manusia.
c. Hasil percobaan dapat digunakan untuk kepentingan manusia.

Kegiatan praktikum yang diterapkan oleh sebagian besar sekolah, khususnya SMA/MA/SMK masih menerapkan kegiatan pembelajaran dengan cara konvensional. Cara konvensional masih memakai cara yang terdapat di buku panduan praktikum serta memakai bahan-bahan kimia sintetis dari pabrik. Bahan-bahan kimia yang dipakai pada metode konvensional memiliki dampak negatif bagi makhluk hidup dan alam. Pendidik pelajaran kimia memiliki peran yang sangat penting dalam memilih atau menerapkan kegiatan praktikum kimia yang akan digunakan serta bahan yang diperlukan dalam kegiatan praktikum. Bahan yang digunakan adalah bahan yang dapat mengurangi bahaya bagi makhluk hidup dan alam. Pemakaian bahan-bahan kimia yang berbahaya

harus diturunkan atau bahkan ditukar menggunakan bahan yang tidak berbahaya untuk alam. Penggunaan bahan-bahan yang ramah lingkungan pada kegiatan praktikum kimia sering disebut sebagai metode praktikum kimia hijau (*Green Chemistry*).

Prinsip *green chemistry* penting untuk diterapkan pada kegiatan praktikum, karena penggunaan bahan kimia dalam kegiatan praktikum memiliki potensi menghasilkan limbah. Limbah yang dihasilkan dari kegiatan praktikum kimia dapat menyebabkan pencemaran lingkungan jika digunakan secara berlebihan. *Green chemistry* mengintegrasikan pendekatan baru untuk proses pembuatannya, pengolahan dan penggunaan bahan kimia seminimal mungkin untuk mengurangi bahaya bagi kesehatan dan lingkungan (Wardencki dkk, 2005). Berdasarkan pemaparan di atas dapat disimpulkan bahwa praktikum berbasis *green chemistry* adalah suatu kegiatan penunjang proses pembelajaran yang dapat memperjelas teori dan meningkatkan proses berpikir ilmiah peserta didik dengan memanfaatkan bahan alam sebagai pengganti bahan sintetis.

Green chemistry mencakup dua belas prinsip yang dapat diterapkan dalam upaya pelestarian

lingkungan dengan diwujudkan melalui *green education* (Mitarlis dkk, 2016). Penerapan kegiatan industri yang didasarkan pada prinsip *green chemistry* dapat memberikan keseimbangan antara aspek lingkungan, ekonomi, dan sosial. Kegiatan industri yang didasarkan pada konsep *green chemistry*, maka harus dijalankan 12 prinsip berikut: (1) mencegah terbentuknya limbah, (2) ekonomi atom, (3) sintesis kimia yang tidak berbahaya, (4) pengembangan produk kimia yang aman, (5) penggunaan pelarut dan eksipien yang aman, (6) desain hemat energi, (7) menggunakan bahan baku terbarukan, (8) pengurangan tahapan dalam proses, (9) menggunakan katalis untuk mempercepat proses, (10) desain produk ramah lingkungan terbarukan, (11) analisis langsung untuk pencegahan polusi, (12) mencegah penggunaan bahan kimia yang berbahaya, beracun, dan tidak ramah lingkungan (Anastas dan Warner, 1998).

Penerapan 12 prinsip *green chemistry* tersebut, berarti sebagai langkah penting menciptakan kegiatan pelestarian lingkungan (Sudarmin, 2013). Prinsip *green chemistry* yang akan diterapkan pada penelitian ini adalah prinsip ke 1, 4, 10 dan 12. Penelitian ini menerapkan keempat prinsip tersebut karena bahan

yang digunakan lebih ramah lingkungan dan tidak menghasilkan produk yang berbahaya.

Keuntungan dari menerapkan *green chemistry* dalam kegiatan praktikum adalah biaya yang diperlukan dalam kegiatan praktikum lebih rendah, hemat tenaga, serta dapat mengurangi limbah. Keuntungan yang lain adalah dapat melindungi kesehatan manusia serta lingkungan, dan menghasilkan lingkungan kerja yang lebih sehat. Gagasan *green chemistry* menjadi atensi dalam mengelola bahan kimia dengan memakai, memproduksi serta mengevaluasi akibatnya terhadap lingkungan.

Pelaksanaan *green chemistry* mulai diterapkan pada beberapa kegiatan sekolah (Aubrecht dkk, 2015). Praktikum berbasis *green chemistry* telah diterapkan pada beberapa materi seperti kimia dasar (Wahyuningsih dan Rohmah, 2017). Salah satu contoh bahan praktikum yang tidak begitu berbahaya dalam kegiatan praktikum *green chemistry* adalah penggunaan daun jambu biji yang dapat digunakan dalam praktikum pencegahan korosi. Allah SWT berfirman dalam Al-Quran surat Qasas ayat 77

وَابْتَغِ فِيْمَآ اٰتٰىكَ اللّٰهُ الدَّارَ الْاٰخِرَةَ وَلَا تَنْسَ نَصِيْبَكَ مِنَ الدُّنْيَا وَاَحْسِنْ كَمَآ اَحْسَنَ اللّٰهُ اِلَيْكَ وَلَا تَبْغِ الْفَسَادَ فِى الْاَرْضِ ۗاِنَّ اللّٰهَ لَا يُحِبُّ الْمُفْسِدِيْنَ

Artinya:" *Dan carilah (pahala) negeri akhirat dengan apa yang telah dianugerahkan Allah kepadamu, tetapi janganlah kamu lupakan bagianmu di dunia dan berbuat baiklah (kepada orang lain), sebagaimana Allah telah berbuat baik kepadamu, dan janganlah kamu berbuat kerusakan di bumi. Sungguh, Allah tidak menyukai orang yang berbuat kerusakan*". (Q.S. al-Qashash [28]: 77)

Ayat di atas menunjukkan bahwa Allah SWT memerintahkan kepada manusia untuk tetap berbuat baik dan tidak melupakan urusan di dunia. Allah memerintahkan manusia untuk menjaga alam dan melarang membuat kerusakan di alam atau lingkungan. Berdasarkan ayat di atas berarti bahwa manusia sebagai makhluk hidup yang berakal sudah seharusnya menjaga kelestarian alam dan mengurangi kegiatan yang dapat menyebabkan kerusakan alam seperti menggunakan bahan-bahan kimia yang tidak ramah lingkungan. Selama ini kegiatan praktikum yang sering dilakukan di laboratorium sekolah ataupun perguruan tinggi masih menghasilkan limbah yang kurang ramah lingkungan. Berdasarkan permasalahan

tersebut maka lebih baik jika kegiatan praktikum yang diterapkan sesuai dengan konsep *green chemistry* (Nurbaity, 2011). Ayat di atas berhubungan dengan prinsip-prinsip *green chemistry* seperti pada prinsip kedua belas "mencegah penggunaan bahan kimia yang berbahaya, beracun, dan tidak ramah lingkungan". Perilaku mengurangi penggunaan bahan kimia yang berbahaya maka manusia telah menjalankan salah satu perintah Allah SWT dalam hal menjaga lingkungan.

3. Reaksi Redoks, Elektrokimia dan Korosi

   a. Reaksi Reduksi dan Oksidasi

      Reaksi redoks adalah reaksi terjadinya perubahan bilangan oksidasi. Materi bilangan oksidasi, telah dibahas pada pembahasan sebelumnya. Reaksi redoks terdiri atas gabungan reaksi reduksi dan oksidasi. Reaksi reduksi adalah reaksi terjadinya penurunan bilangan oksidasi dengan menangkap elektron, contohnya (Vinsiah, 2020) :

$$Cu^{2+}{}_{(aq)} + 2e \rightarrow Cu_{(s)}$$

      Reaksi oksidasi adalah reaksi yang terjadi peningkatan bilangan oksidasi dengan melepas elektron, contohnya :

$$Zn_{(s)} \rightarrow Zn^{2+}{}_{(aq)} + 2e$$

Reaksi reduksi dan oksidasi terjadi secara bersamaan, reaksi di atas jika dituliskan secara lengkap adalah:

$$Cu^{2+}{}_{(aq)} + Zn_{(s)} \rightarrow Cu_{(s)} + Zn^{2+}{}_{(aq)}$$

Reaksi autoredoks atau dalam istilah lain sering disebut reaksi disproporsionasi adalah reaksi yang terjadi dimana dalam satu reaksi mengalami reaksi reduksi dan oksidasi sekaligus. Contoh:

$$Cl_{2\,(g)} + 2\,KOH_{(aq)} \rightarrow KCl_{(aq)} + KClO_{(aq)} + 2\,H_2O_{(l)}$$

+1

-1

Molekul unsur Cl_2 adalah unsur yang mengalami reaksi autoredoks karena unsur Cl_2 mengalami dua reaksi, yaitu reaksi reduksi dan rekasi oksidasi. Unsur Cl_2 mengalami reaksi reduksi karena bilangan oksidasinya mengalami penurunan. Awalnya bilangan oksidasi Cl_2 adalah 0 sedangkan bilangan oksidasi unsur Cl pada senyawa KCl adalah -1. Unsur Cl_2 mengalami reaksi oksidasi karena bilangan oksidasinya mengalami kenaikan. Awalnya bilangan oksidasi Cl_2 adalah 0 sedangkan bilangan oksidasi unsur Cl pada senyawa KClO adalah +1.

b. Penyetaraan Reaksi Redoks

Reaksi redoks dapat disetarakan melalui dua cara, yaitu dengan cara perubahan bilangan oksidasi (biloks) dan setengah reaksi. Cara menyetarakan reaksi redoks dengan cara setengah reaksi dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1) Tulis persamaan setengah reaksi reduksi dan reaksi oksidasi
2) Setarakan unsur-unsur yang mengalami reaksi redoks
3) Setarakan jumlah atom hidrogen dan oksigen dengan menambah 1 molekul H_2O :
   a) Reaksi yang berlangsung dalam suasana asam, tambahkan molekul H_2O pada sisi yang kekurangan atom O
   b) Reaksi yang berlangsung dalam suasana basa, tambahkan molekul H_2O pada sisi yang kelebihan atom O
4) Setarakan jumlah atom hidrogen dengan menambahkan ion H^+ jika reaksi berlangsung dalam suasana asam atau dengan menambahkan ion OH^- jika reaksi berlangsung dalam suasana basa

5) Setarakan jumlah muatan dengan cara menambahkan elektron pada sisi kanan atau kiri dari persamaan reaksi
6) Jumlahkan kedua persamaan setengah reaksi dengan cara setarakan jumlah elektronnya

Contoh 1:

Reaksi : $Cr_2O_7{}^{2}{}_{(aq)}{}^{-} + Cu^{+}{}_{(aq)} \rightarrow Cr^{3+}{}_{(aq)} + Cu^{2+}{}_{(aq)}$

Langkah-langkah penyetaraan reaksi:

Langkah 1 : $Cr_2O_7{}^{2-} \rightarrow Cr^{3+}$

$Cu^{+} \rightarrow Cu^{2+}$

Langkah 2 : $Cr_2O_7{}^{2-} \rightarrow 2\ Cr^{3+}$

$Cu^{+} \rightarrow Cu^{2+}$

Langkah 3 : $Cr_2O_7{}^{2-} \rightarrow 2\ Cr^{3+} + 7\ H_2O$

$Cu^{+} \rightarrow Cu^{2+}$

Langkah 4 : $14\ H^{+} + Cr_2O_7{}^{2-} \rightarrow 2\ Cr^{3+} + 7\ H_2O$

$Cu^{+} \rightarrow Cu^{2+}$

Langkah 5 : $6e + 14\ H^{+} + Cr_2O_7{}^{2-} \rightarrow 2\ Cr^{3+} + 7\ H_2O$

$Cu^{+} \rightarrow Cu^{2+} + e$

Langkah 6:

$6e + 14\ H^{+} + Cr_2O_7{}^{2-} \rightarrow 2\ Cr^{3+} + 7\ H_2O$ x 1

$6\ Cu^{+} \rightarrow 6\ Cu^{2+} + 6\ e$ x 6

$Cr_2O_7{}^{2-} + 6\ Cu^{+} + 14\ H^{+} \rightarrow 2\ Cr^{3+} + 6\ Cu^{2+} + 7\ H_2O$

Reaksi redoks dapat disetarakan dengan cara perubahan bilangan oksidasi (biloks) dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1) Setarakan unsur-unsur yang mengalami perubahan bilangan oksidasi
2) Tentukan bilangan oksidasi dari setiap unsur yang mengalami perubahan biloks kemudian tentukan perubahannya
3) Samakan perubahan jumlah bilangan oksidasi
4) Tentukan jumlah muatan di ruas kiri dan di ruas kanan
5) Setarakan muatan dengan cara :
   a) Untuk reaksi yang berlangsung dalam suasana asam tambahkan ion H^+ pada sisi yang lebih negatif (sesuai perbedaan jumlah muatan)
   b) Untuk reaksi yang berlangsung dalam suasana basa tambahkan ion OH^- pada sisi yang lebih positif (sesuai perbedaan jumlah muatan)
6) Setarakan jumlah atom hidrogen pada ruas kiri dan kanan dengan cara menambahkan H_2O.

Contoh 2:

Reaksi : $MnO_4^- + Br^- \rightarrow Mn^{2+} + Br_2$

Langkah 1 : $MnO_4^- + Br^- \rightarrow Mn^{2+} + Br_2$

Langkah 2 : $MnO_4^- + Br^- \rightarrow Mn^{2+} + Br_2$

+7 -2 +2 0

-5 +2

Langkah 3 : MnO_4^- x 2 dan Br^- x 5, sehingga persamaan menjadi:

$2\ MnO_4^- + 10\ Br^- \rightarrow 2\ Mn^{2+} + 5\ Br_2$

Langkah 4 :

$2\ MnO_4^- + 10\ Br^- \rightarrow 2\ Mn^{2+} + 5\ Br_2$

-12 +4

Langkah 5:

Ruas kiri memiliki jumlah muatan negatif (-1) maka ditambahkan 16 ion H^+ supaya muatannya sama dengan ruas kanan yaitu +4.

$16\ H^+ + 2\ MnO_4^- + 10\ Br^- \rightarrow 2\ Mn^{2+} + 5\ Br_2$

Tahap 6 :

$16\ H^+ + 2\ MnO_4^- + 10\ Br^- \rightarrow 2\ Mn^{2+} + 5\ Br^2 + 8\ H_2O$

Hitung jumlah atom pada ruas kiri dan kanan, jika jumlah atom serta muatan ruas kiri dan kanan sudah sudah setara artinya reaksinya sudah benar. Persamaan akhirnya adalah:

$16\ H^+ + 2\ MnO_4^- + 10\ Br^- \rightarrow 2\ Mn^{2+} + 5\ Br_2 + 8\ H_2O$

c. Sel Elektrokimia

1) Reaksi Redoks pada Elektrode

Reaksi elektrode melibatkan perpindahan muatan dari elektrode ke zat terlarut atau sebaliknya. Reaksi yang melibatkan proses perpindahan muatan dari satu elemen atau zat ke elemen lain sering disebut juga dengan reaksi redoks. Nama redoks terdiri atas kata reduksi dan oksidasi. Reaksi oksidasi adalah reaksi dimana terjadi pelepasan elektron oleh suatu elemen atau zat. Contohnya ion besi(II) berubah ion besi(III) dengan melepaskan satu elektronnya, seperti pada reaksi berikut:

$$Fe^{2+}{}_{(aq)} \rightarrow Fe^{3+}{}_{(aq)} + e$$

Reaksi di atas ion besi(II) mengalami oksidasi.

Reaksi reduksi adalah reaksi dimana terjadi penangkapan elektron oleh suatu elemen atau zat. Proses reaksi reduksi adalah kebalikan dari proses reaksi oksidasi. Contohnya ion cerium(IV) mengalami proses reduksi menjadi cerium(III), seperti persamaan reaksi berikut:

$$Ce^{4+}{}_{(aq)} + e \rightarrow Ce^{3+}{}_{(aq)}$$

Seri dari reaksi reduksi dan oksidasi dapat digabung menjadi sistem reaksi seperti berikut:

(keadaan teroksidasi) + ne ⇄ (keadaan tereduksi)

Reaksi ini adalah persamaan umum untuk semua reaksi elektrode. Faktanya, reaksi reduksi tidak dapat pernah terjadi tanpa adanya reaksi reduksi ataupun sebaliknya. Reaksi-reaksi di atas bila digabungkan akan membentuk suatu sistem reaksi redoks, dimana akan terjadi perpindahan elektron dari ion besi(II) ke ion serium(IV). Transfer elektron ini adalah dasar dari sistem elektrokimia.

Elektrode merupakan bagian penting dari sistem elektrokimia. Terdapat dua elektrode, elektrode negatif disebut katode dan elektrode positif disebut anode. Namun, penentuan muatan positif dan negatif sangat tergantung pada jenis sistem sel, yaitu sel potensial atau sel elektrolitik. Reaksi reaksi reduksi terjadi di katode adalah sedangkan reaksi oksidasi terjadi di anode.

2) Jenis-jenis Sel Elektrokimia

a) Sel Galvani/Sel Volta

Sel volta adalah sel elektrokimia di mana energi kimia yang dihasilkan dari reaksi redoks secara langsung dirubah menjadi energi listrik. Contoh rangkaian sel volta terdiri atas logam Cu dicelupkan dalam larutan ion Cu^{2+} dan logam Zn dicelupkan dalam larutan ion Zn^{2+}. Anode pada sel Volta bermuatan negatif dan katode bermuatan positif. Elektron berpindah dari anode menuju katode. Reaksi yang terjadi:

Anode $Zn_{(s)} \rightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^-$

Katode $Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Cu_{(s)}$

Reaksi sel:

$Zn_{(s)} + Cu^{2+}_{(aq)} \rightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + Cu_{(s)}$ E_0 sel: 1,10V

Prinsip kerja sel volta adalah memisahkan reaksi redoks menjadi dua bagian, setengah reaksi oksidasi di anode dan setengah reaksi reduksi di katode. Anode dan katode tertanam dalam sel elektrolitik dan dihubungkan oleh jembatan garam dan sirkuit eksternal.

Susunan sel volta dapat direpresentasikan dengan notasi singkat yang dikenal dengan notasi sel, yaitu:

$$Zn_{(s)} \mid Zn^{2+}_{(aq)} \mid\mid Cu^{2+}_{(aq)} \mid Cu_{(s)}$$

Reaksi di Anode Reaksi di Katode

b) Notasi sel Volta

Kesepakatan tertentu digunakan untuk mewakili reaksi dalam sel. Susunan sel volta ditunjukkan dengan notasi singkat yang dikenal sebagai diagram sel. Diagram sel dapat dirumuskan sebagai berikut.

Anode (oksidasi) Jembatan garam Katode (reduksi)

Dua garis vertikal paralel mewakili jembatan garam yang memisahkan dua elektrode. Berikut adalah contoh notasi sel volta:

$$Zn_{(s)} + Zn^{2+}_{(aq)} \rightarrow Cu^{2+}_{(aq)} + Cu_{(s)}$$

Sel yang terdiri dari elektroda platina dengan respon keseluruhan:

$$Pt, H_{2(g)} + H^{+}_{(aq)} \rightarrow Cl^{-}_{(aq)} + Cl_{2(g)}, Pt$$

3) Potensial Elektrode

Perbedaan potensial dinyatakan terjadi di antara elektrode dengan

larutannya. Beda potensial antara elektrode dan larutan dalam sistem semi seluler sering disebut potensial elektrode. Bandingkan nilai semua potensial elektrode sistem seluler, menggunakan proses reaksi reduksi logam, M dan ion Mn^+, jika reaksi umumnya ditulis sebagai:

$$Mn^+_{(aq)} + ne \rightarrow M_{(s)}$$

Potensial elektroda selalu didasarkan pada nilai potensial reduksi. Setengah sel Galvanik mengalami reaksi reduksi dan setengah sel lain mengalami reaksi oksidasi. Penulisan sel, di elektrode kiri terjadi reaksi oksidasi dengan melepas elektron, sedangkan di elektrode sebelah kanan terjadi reaksi reduksi. Menghitung potensial sel sama dengan menghitung tegangan dua buah baterai yang dirangkai seri. Setengah sel kiri digunakan untuk reaksi oksidasi, nilai potensial elektrodenya harus digunakan untuk mengurangi nilai

potensial setengah sel kanan. Nilai potensial sel dinyatakan sebagai berikut:

$$E\ (sel) = E°(reduksi) - E°(oksidasi)$$

E (sel) adalah sel galvani, E (reduksi) dan E (oksidasi) adalah potensial elektrode setengah sel unsur yang mengalami reaksi reduksi dan oksidasi. Tanda negatif menggambarkan reaksi elektrode terjadi untuk reaksi kebalikannya. Untuk sel Daniel, emf sel dinyatakan sebagai:

$$E\ (sel) = E\ (Cu^{2+}|Cu) - E\ (Zn^{2+}|Zn)$$

Persamaan reaksi redoks yang terjadi di dalam sel harus selalu sesuai. Reaksi oksidasi terjadi pada tingkat elektrode kiri, persamaan ditulis sebagai jumlah elektron yang direduksi. Untuk sel Daniel, reaksi dalam setengah sel adalah:

$$Zn_{(s)} \rightarrow Zn^{2+}{}_{(aq)} + 2e$$

Sebaliknya, setengah sel kanan dalam reaksi ditulis sebagai reaksi reduksi, dan untuk sel Daniel reaksinya adalah sebagai berikut:

$$Cu^{2+}{}_{(aq)} + 2e \rightarrow Cu_{(s)}$$

Penjumlahan dari dua reaksi di atas memberikan persamaan berikut:

$Cu^{2+}{}_{(aq)} + Zn_{(s)} + 2e \rightarrow Zn^{2+}{}_{(aq)} + Cu_{(s)} + 2e$

Elektron di ruas kanan dan kiri dihapus dihasilkan persamaan seperti berikut:

$$Zn_{(s)} + Cu^{2+}{}_{(aq)} \rightarrow Zn^{2+}{}_{(aq)} + Cu_{(s)}$$

4) Potensial Elektrode Standar

Beberapa kondisi yang harus diperhatikan ketika mengukur tegangan sel elektrokimia, yaitu:

a) Pengukuran dilakukan pada temperatur 298K
b) Analit harus berada dalam kapasitas tertentu berperan sebagai aktivasi (misalnya 1 mol/L)
c) Seluruh pengukuran potensial sel dibandingkan dengan potensial elektrode hidrogen standar.

Potensial elektrode diukur dengan mempertimbangkan potensial elektrode standar yang dilambangkan E^o. Potensial standar sel dapat ditentukan dengan cara membandingkannya dengan elektrode hidrogen standar. Potensial elektrode

standar diukur dengan reaksi reduksi (Vinsiah, 2020). Nilai potensial reduksi dari ion tembaga(II) menjadi tembaga(I) dapat diukur dengan membandingkan nilai potensial reduksinya dengan elektrode hidrogen standar. Elektrode hidrogen standar dalam sistem sel elektrokimia dituliskankan di sisi kiri, sedangkan elektrode tembaga dituliskan di sisi kanan, seperti notasi sel berikut:

$Pt \mid H_2(1atm) \mid H^+(a=1{,}0M) \parallel Cu^{2+}(a=1{,}0\ M) \mid Cu$

Persamaan setengah selnya adalah:

$H_{2\ (g)} \rightarrow 2\ H^+_{(aq)} + 2e$ kiri/oksidasi

$Cu^{2+}_{(aq)} + 2e \rightarrow Cu_{(s)}$ kanan/reduksi

Kedua persamaan di atas jika digabungkan menjadi reaksi total adalah:

$Cu^{2+}_{(aq)} + H_{2(g)} \rightarrow Cu_{(s)} + 2\ H^+_{(aq)}$

Besarnya emf sel ditulis:

E (sel) : E°(reduksi) - E°(oksidasi)

E°sel : E° (katode) + E°(anode)

Keadaan standar besar E sell adalah:

E^o(sel) : E^o (Cu^{2+}|Cu) - E^o (hidrogen standar)

Nilai potensial elektrode hidrogen standar adalah nol, maka dalam sistem pengukuran di atas, nilai emf yang diukur adalah nilai potensial reduksi standar elektrode tembaga yang mengalami proses reduksi tembaga(II) menjadi perunggu. Penulisan secara matematis adalah:

E^o (hidrogen standar) = 0 volt, maka

E^o (sel) = E^o (Cu^{2+}|Cu)

Nilai potensial standar dalam kondisi standar untuk reaksi adalah 0,34 Volt. Pengukuran nilai potensial elektrode standar dari sistem reaksi reduksi lain menggunakan metode yang sama seperti contoh di atas.

5) Deret Volta

Unsur-unsur yang disusun berdasarkan uurutan potensial elektrode standar membentuk deret yang dikenal sebagai deret kereaktifan logam atau deret volta.

Li-K-Ba-Ca-Na-Mg-Al-Mn-H_2O-Zn-Cr-Fe-Cd-Co-Ni-Sn-Pb-H-Cu-Hg-Ag-Pt-Au

Sifat reduktor semakin ke kanan semakin lemah sedangkan semakin ke kiri semakin kuat. Unsur-unsur dalam deret volta hanya mampu mereduksi unsur di sebelah kanannya (Vinsiah, 2020).

4. Korosi

1) Definisi Korosi

Korosi adalah suatu peristiwa yang sering ditemukan pada peristiwa-peristiwa yang terjadi dalam kehidupan sehari-hari, seperti terbentuknya karat pada paku, peralatan rumah (non stainles steel) pagar rumah dan lainnya (Vinsiah, 2020). Korosi dapat menimbulkan dampak negatif pada kehidupan, menimbulkan masalah kesehatan, kerusakan peralatan rumah tangga dan lainnya. Korosi berdasar pada kata *corrodere* yang berarti kerusakan logam atau perkaratan. Korosi adalah reaksi degradasi pada bahan logam yang terjadi karena adanya interaksi antara bahan dengan bermacam-macam zat yang ada di lingkungan sekelilingnya (Yohana, 2010). Korosi merupakan interaksi yang terjadi antara bahan (biasanya logam) dengan lingkungan sekitarnya yang dapat menyebabkan terjadinya

kerusakan pada material (Groysman, 2010). Penyebab terjadinya proses korosi dibagi menjadi dua, yaitu penyebab yang berasal dari lingkungan serta penyebab yang berasal dari logam tersebut.

Korosi pada logam terbentuk karena adanya reaksi antara logam dengan lingkungan sekitarnya yang memiliki sifat korosif, yakni lingkungan lembab dan dipengaruhi dengan gas O_2, CO_2, serta H_2S. Korosi juga dapat disebabkan oleh adanya temperatur yang besar (Yohana, 2010). Korosi yang sering terjadi pada logam dinilai menjadi reaksi kembalinya logam menjadi bentuk aslinya, yakni biji logam. Korosi yang terjadi pada besi yang berubah membentuk besi oksida atau besi karbonat.

$$4Fe_{(s)} + 3O_{2(g)} + 6H_2O_{(l)} \longrightarrow 2Fe_2O_3.nH_2O_{(s)}$$

$$Fe_{(s)} + CO_{2(g)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow Fe_2CO_{3(s)} + H_{2(g)}$$

Korosi dinilai merugikan sebab korosi dapat merubah struktur dan sifat dari logam. Setiap tahunnya sekitar 20% logam diperkirakan rusak akibat korosi (Mulyati, 2019). Logam mengalami korosi dikarenakan logam dapat mengalami oksidasi. Berdasarkan tabel potensial reduksi standar, umumnya logam mempunyai nilai

potensial reduksi standar semakin kecil daripada oksigen kecuali logam emas. Nilai potensial sel Esel positif akan dihasilkan ketika setengah reaksi reduksi logam dibalik menjadi reaksi oksidasi logam dan disatukan pada setengah reaksi reduksi gas oksigen (Sujana dkk, 2014). Hampir seluruh logam mampu berinteraksi dengan gas oksigen secara langsung. Berikut contoh logam yang mampu dioksidasi menggunakan oksigen.

$4Fe_{(s)} + O_{2(g)} + 2nH_2O_{(l)} \longrightarrow 2Fe_2O_3.nH_2O_{(s)}$ E^0sel= 0,95 V

$Zn_{(s)} + O_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} \longrightarrow Zn(OH)_{4(s)}$ E^0sel= 0,60 V

2) Mekanisme Korosi

Pengendalian korosi dinilai sangat penting dikarenakan hampir semua konstruksi berbahan dasar besi yang notabenenya besi mudah sekali mengalami korosi (Vinsiah, 2020). Cara untuk mencegah terjadinya korosi tentu harus mengetahui mekanisme korosi yang sering terjadi pada besi. Korosi termasuk reaksi elektrokimia. Besi mempunyai nilai potensial yang berbeda pada setiap bagiannya, dikarenakan permukaan besi yang tidak halus sehingga terjadi perbedaan tegangan permukaan. Pada area anodik (area permukaan yang disambungkan pada air)

kemudian unsur-unsur besi akan terlarut yang diikuti dengan lepasnya elektron yang kemudian menghasilkan ion Fe^{2+} yang terlarut dengan air.

$$Fe_{(s)} \longrightarrow Fe^{2+}_{(aq)} + 2e^-$$

Elektron yang terlepas bergerak melewati besi, seperti elektron bergerak melewati rangkaian luar pada sel volta mendekati area katodik sehingga mengalami reduksi gas oksigen dari udara:

$$O_{2(g)} + 2H_2O_{(g)} + 2e^- \longrightarrow 4OH^-_{(aq)}$$

Ion Fe^{2+} yang terlarut dalam air berpindah mendekati area katodik, seperti ion-ion melintasi jembatan garam pada sel volta kemudian berinteraksi dengan ion OH^- menjadi $Fe(OH)_2$. $Fe(OH)_2$ yang telah dibentuk kemudian dioksidasi oleh oksigen sehingga terbentuk karat.

$$Fe^{2+}_{(aq)} + 4OH^-_{(aq)} \longrightarrow Fe(OH)_{2(s)}$$

$$2Fe(OH)_{2(s)} + O_{2(g)} \longrightarrow Fe_2O_3.nH_2O_{(s)}$$

Seluruh reaksi pembentukan korosi pada besi adalah seperti berikut:

$$4Fe_{(s)} + 3O_{2(g)} + n\ H_2O_{(l)} \longrightarrow 2Fe_2O_3.nH_2O_{(s)}$$

Karat

Pengaruh terdapatnya perpindahan ion serta elektron, korosi kerap terjadi di tempat yang lumayan jauh dari daerah besi yang mengalami

korosi. Warna karat yang terbentuk bermacam-macam ada yang berwarna kuning sampai cokelat kemerahan dan ada yang sampai berubah menjadi warna hitam (Vinsiah, 2020). Warna yang dihasilkan sesuai dengan banyaknya molekul air yang diikat dengan karat.

d. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Terjadinya Korosi

Bersumber pada pemahaman mengenai proses terjadinya korosi, pasti dapat dipahami semua faktor yang menyebabkan terbentuknya korosi pada logam akhirnya korosipun dapat dicegah atau diturunkan resikonya. Paku yang didiamkan beberapa hari, akan mengalami korosi yang ditandai dengan timbulnya karat. Korosi dapat terbentuk ketika terdapat udara serta air. Korosi sulit untuk terbentuk jikahanya terdapat air atau gas O_2 saja (Vinsiah, 2020). Garam yang dilarutkan di dalam air dapat mempersingkat terjadinya korosi, dikarenakan ion-ion yang terdapat pada garam dapat memacu pergerakan ion-ion Fe^{2+} yang terbentuk dari proses oksidasi. Kekerasan pada karat dapat bertambah dengan pesat karena terdapat garam, karena kelarutan

garam dapat menambah kemampuan hantar ion oleh larutan sehingga meningkatkan proses terbentuknya korosi. Ion-ion klorida yang terdapat dalam garam akan menghasilkan senyawa kompleks yang stabil dengan ion Fe^{3+} (Purnomo, 2015). Ion-ion klorida inilah yang cenderung mempercepat proses terjadinya korosi.

e. Metode Pencegahan Korosi

Korosi pada logam tidak dapat dicegah secara penuh, namun dapat dikurangi sampai seminimal mungkin. Vinsiah (2020) menyebutkan tiga cara untuk mengendalikan korosi, yaitu pelapisan (*coating*), perlindungan katodik, serta akumulasi zat inhibitor korosi.

1) Metode Pelapisan (*Coating*)

Tata cara pelapisan merupakan cara untuk memperlambat terjadinya korosi dengan menambahkan suatu susunan pada permukaan logam besi, seperti dengan cara dicat ataupun disepuh. Penyepuhan besi umumnya memakai logam krom ataupun timah. Kedua logam ini dapat menghasilkan susunan oksida yang tidak mudah mengalami

karat, hal ini menjadikan besi terlindung dari korosi.

Pasivasi merupakan pembuatan susunan film permukaan dari oksida logam yang dihasilkan dari proses oksidasi yang mampu menahan terjadinya korosi hal ini menjadikan logam mampu menghindari korosi selanjutnya. Logam seng dapat dipakai untuk melapisi besi (galvanisir), namun seng tidak dapat membentuk susunan oksida seperti pada krom ataupun timah, akan tetapi seng akan melindungi besi. Seng merupakan logam yang semakin reaktif dari besi, seperti dapat dilihat dari potensial separuh reaksi oksidasinya:

$$Zn_{(s)} \rightarrow Zn^{2+}{}_{(aq)} + 2e^- \quad E^o = -0{,}44 \text{ V}$$

$$Fe_{(s)} \rightarrow Fe^{2+}{}_{(g)} + 2e^- \quad E^o = -0{,}76 \text{ V}$$

Seng dapat mengalami proses korosi lebih dulu dari besi. Apabila pelapis seng telah bereaksi seluruhnya maka besi dapat mengalami korosi lebih cepat dari sebelumnya (sebelum ditambahkan seng). Paduan logam pula adalah tata cara untuk mengatur korosi. Baja stainless steel

terbentuk dari baja karbon yang memiliki sedikit krom serta nikel. Kedua logam tersebut bereaksi menghasilkan susunan oksida yang mengganti potensial reduksi baja menyamai sifat logam mulia, hal ini menjadikan baja stainless steel tidak dapat mengalami proses korosi atau proses korosinya terjadi secara lambat.

Penggunaan tembaga sebagai cara untuk mencegah terjadinya korosi telah lama dilakukan oleh Iskandar Zulkarnain dalam kisahnya yang terungkap setelah berkembangnya ilmu elektrokimia ini. Kisah Iskandar Zulkarnain terdapat dalam Al-Quran surat Al-Kahfi ayat 96

ءَاتُونِى زُبَرَ ٱلْحَدِيدِ ۖ حَتَّىٰٓ إِذَا سَاوَىٰ بَيْنَ ٱلصَّدَفَيْنِ قَالَ ٱنفُخُوا۟ ۖ حَتَّىٰٓ إِذَا جَعَلَهُۥ نَارًا قَالَ ءَاتُونِىٓ أُفْرِغْ عَلَيْهِ قِطْرًا

Artinya: ““*Berilah aku potongan-potongan besi” Hingga apabila besi itu telah sama rata dengan kedua (puncak) gunung itu, berkatalah Zulkarnain,” Tiuplah (api itu)”. Hingga apabila besi sudah menjadi (merah seperti) api, diapun berkata,”Berilah aku tembaga (mendidih)*

agar aku tuangkan ke atas besi panas itu'" (QS. Al-Kahfi : 96).

Ayat di atas menjelaskan bahwa tembaga dapat digunakan sebagai pelapis besi untuk memperlambat proses korosi. Hal tersebut terungkap seiring dengan berkembangnya ilmu pengetahuan mengenai elektrokimia. Tembaga dapat digunakan sebagai pencegah korosi pada besi karena tembaga kurang reaktif dibandingkan dengan besi. Tembaga memiliki nilai potensial elektrode yang lebih positif dari besi yaitu Fe menjadi Fe^{2+} harga E^{o}nya -0,44 volt, Cu menjadi Cu^{2+} mempunyai harga E^{o} = 0,34 volt. Tembaga yang digunakan untuk melapisi besi akan membentuk susunan besi oksida sehingga tembaga tidak mudah berkarat dan dapat melindungi logam di bawahnya. Berdasarkan hal tersebut maka besi yang dilapisi oleh tembaga juga tidak akan mudah berkarat (Vinsiah, 2020).

2) Proteksi Katodik

Proteksi katodik merupakan tata cara yang kerap dipakai untuk mengatur korosi pada besi yang terdapat di dalam tanah,

semacam pipa ledeng, pipa pertamina, serta tanki penyimpan BBM. Logam reaktif semacam magnesium disambungkan dengan pipa besi. Logam Magnesium adalah reduktor yang semakin reaktif dari besi, magnesium dapat teroksidasi lebih dulu. Seluruh logam magnesium telah mengalami oksidasi selanjutnya besi akan mengalami korosi. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut.

Anode : $2Mg_{(s)} \longrightarrow 2Mg^{2+}_{(aq)} + 4e^-$

Katode : $O_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} + 4e^- \longrightarrow 4OH^-_{(aq)}$

$2Mg_{(s)} + O_{2(g)} + 2H_2O \longrightarrow 2Mg(OH)_{2(s)}$

Logam magnesium harus sering diperika dan diganti dengan yang baru supaya tidak habis karena dapat berganti menjadi hidroksidanya (Vinsiah, 2020).

3) Penambahan Inhibitor

Inhibitor merupakan bahan kimia yang dimasukkan ke dalam suatu area korosif dengan kandungan sedikit (dimensi ppm) untuk mengendalikan korosi. Vinsiah (2020) dalam bukunya menjelaskan bahwa terdapat empat jenis inhibitor korosi yang dibagi

berdasarkan cara pengendaliannya, yaitu sebagai berikut:

1) Inhibitor anodik

Inhibitor anodik merupakan bahan kimia yang dapat digunakan untuk mengendalikan korosi dengan cara membatasi transfer ion-ion logam ke dalam air. Senyawa kromat dan molibdat merupakan contoh inhibitor anodik yang sering dipakai.

2) Inhibitor katodik

Inhibitor katodik merupakan bahan kimia yang dapat digunakan untuk mengendalikan korosi dengan cara membatasi salah satu proses katodik, seperti penangkapan gas oksigen (*oxygen scavenger*) ataupun pengikatan ion- ion hidrogen. Hidrazin, tanin, serta garam sulfit adalah sontoh inhibitor katodik.

3) Inhibitor campuran

Inhibitor campuran mengurangi laju korosi dengan membatasi proses di katodik serta anodik bersamaan. Inhibitor campuran dapat berperan

sebagai inhibitor katodik serta anodik. Senyawa silikat, molibdat, dan fosfat adalah contoh inhibitor tipe ini.

4) Inhibitor teradsorpsi

Inhibitor teradsorpsi yang sering digunakan adalah senyawa organik yang dapat mengisolasi permukaan logam dari area korosi menggunakan metode membentuk film tipis yang yang mengalami proses adsorpsi pada permukaan logam. Senyawa *merkaptobenzotiazol* dan 1, 3, 5, 7–tetraaza adamantane adalah Contoh inhibitor ini.

5. Inhibitor Korosi Alami

Laju korosi dapat dikendalikan atau dicegah dengan metode beragam, seperti penggunaan inhibitor sebagai bahan kimia yang dapat digunakan untuk mengurangi atau mencegah laju korosi. Pemakaian inhibitor seperti kromat dan arsenik sebagai pengendali laju korosi pada bidang industri menjadikan kegiatan industri masih terbatas oleh kebijakan pencemaran lingkungan. Sebutan *back to nature* dapat digunakan untuk kegiatan menganti

inhibitor sintetis dengan inhibitor organik alami. Inhibitor korosi adalah senyawa kimia yang dapat meminimalkan pembentukan korosi ketika ditambahkan ke sistem dalam konsentrasi tertentu (Roberge, 2000).

Inhibitor bereaksi dengan menyerap ion ataupun molekul ke permukaan logam. Inhibitor menurunkan laju korosi dengan meningkatkan ataupun mengurangi respon anodik serta ataupun katodik, menurunkan laju difusi reagen ke permukaan logam ataupun menurunkan hambatan listrik dari permukaan logam (Andijani, Kriswarini & Ajiriyanto, 2017). Berdasarkan dari penjelasan di atas dapat disimpulkan bahwa inhibitor korosi alami adalah zat atau senyawa kimia dari bahan alam yang dapat membantu mencegah terjadinya proses korosi. Nitrit, kromat, fospat, urea, fenilalanin, imidazolin, serta senyawa-senyawa amina merupakan senyawa organik dan anorganik yang dapat digunakan sebagai inhibitor korosi karena memiliki gugus-gugus yang mempunyai cabang elektron bebas (Hermawan dkk, 2012).

Pemakaian bahan alami semacam ekstrak daun, biji, buah, serta pangkal tanaman jambu biji mempunyai senyawa organik yang dapat menurunkan

laju korosi. Banyak riset telah dilakukan untuk memperoleh bioinhibitor yang efektif. Riset dari Mardina (2018) mengenai pengendalian laju korosi menggunakan ekstrak daun jambu biji (*Psidium guajava, Linn*) sebagai inhibitor korosi pada baja St-37 pada media korosif NaCI. Hasil riset membuktikan semakin besar konsentrasi inhibitor yang digunakan dapat merendahkan laju korosi.

Ekstrak tumbuhan memiliki beberapa senyawa organik semacam tanin, alkaloid, saponin, asam amino pigmen, serta protein yang mempunyai kemampuan untuk menurunkan laju korosi (Hartanto dan Wicaksono, 2018). Tanin dapat dihasilkan hampir dari seluruh tipe tanaman hijau di segala dunia baik tanaman tingkatan besar ataupun tingkatan rendah dengan kandungan serta mutu yang bervariasi. Salah satu tumbuhan yang memiliki tanin adalah daun jambu biji (*Psidium guajava, Linn*.). Terdapatnya tanin pada daun jambu biji ini menyebabkan daun jambu biji dapat digunakan untuk mengendalikan laju respon korosi dari baja (Tambun dkk, 2015).

Ekstrak daun sirsak juga dapat digunakan sebagai inhibitor organik seperti daun jambu biji. Ekstrak daun sirsak memiliki kandungan senyawa

fenolik seperti flavonoid dan alkaloid, kedua senyawa tersebut dapat membentuk ikatan dengan logam. Berdasarkan hasil uji fitokimia pada ekstrak daun sirsak dapat ditemukan senyawa fenol di dalam ekstrak tersebut dengan ditandai dengan terbentuknya warna kuning-hitam kehijauan ketika ekstrak daun sirsak tersebut direaksikan dengan besi(III) klorida ($FeCl_3$) (Artini dkk, 2018). Ekstrak daun sirsak memiliki total kandungan fenolik sebesar 27.14 μg GAE/g, aktivitas antioksidan sebesar 58.42 %, dan kandungan tanin sebesar 161.53 mg/100g (Wicaksono dan Zubaidah, 2015). Dengan ditemukannya senyawa fenol di dalam ekstrak daun sirsak, menjadikan ekstrak daun sirsak dapat digunakan sebagai inhibitor alami. Srikaya yang masih satu kelompok dengan sirsak juga mempunyai efisiensi inhibisi tinggi, yaitu sebesar 92% (Lebrini, Robert, & Roos, 2010).

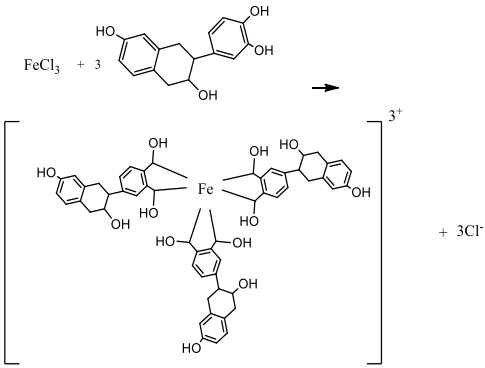
Karat pada besi terbentuk pada reaksi redoks, di daerah anode ion-ion Fe^{2+} yang terdispersi dalam air akan terbentuk kemudian akan bereaksi dengan O_2 membentuk Fe^{3+} menjadi karat. Daun jambu biji dan daun sirsak mengandung senyawa tanin yang dapat mengurangi proses laju korosi pada paku dalam media larutan garam (NaCl). NaCl digunakan karena

merupakan larutan elektrolit, keberadaan larutan elektrolit ini dapat memesatkan terbentuknya korosi. Proses oksidasi yang terjadi di aera anode akan melepaskan elektron. Elektron yang dilepaskan akan didorong oleh ion-ion elektrolit sampai pada area katode yang menjadi tempat terjadinya reaksi reduksi. Praktikum ini menggunakan NaCl supaya dalam menunggu proses perkaratan tidak terlalu lama. Tanin dapat digunakan sebagai inhibitor proses korosi pada paku. Tanin adalah senyawa polifenol kompleks yang dapat teradsorpsi menjadi lapisan tipis di permukaan logam, sehingga reaksi antara besi dan larutan elektrolit akan terhambat dan laju korosipun akan menjadi rendah (Tambun dkk, 2015).

Efisiensi inhibisi sangat bergantung pada konsentrasi inhibitor tanin serta waktu yang dibutuhkan untuk merendam besi atau logam. Konsentrasi inhibitor tanin semakin besar dan semakin lama waktu yang digunakan untuk merendam besi maka semakin tinggi juga efisiensi inhibisinya (Hartanto dan Wicaksono, 2018). Semakin tinggi efisiensi inhibisinya berarti akan semakin lambat laju korosi pada besi. Hasil penelitian menyatakan nilai efisiensi inhibisi pada ekstrak daun jambu biji adalah

95% (Tambun dkk, 2015). Besi yang direndam terlebih dahulu dengan ekstrak daun jambu biji memiliki laju korosi yang lebih rendah dari besi yang tidak direndam dalam ekstrak daun jambu biji. Hal tersebut terjadi karena tanin dari daun jambu biji akan melapisi besi dan menghambat terjadinya reaksi antara besi dengan larutan NaCl (Hartanto dan Wicaksono, 2018).

Senyawa tanin akan bereaksi dengan Fe(III) sehingga akan menghasilkan senyawa kompleks di permukaan logam, hal ini dapat menjadikan laju dari proses korosi menurun. Senyawa kompleks ini akan menjadi penghalang dari serangan ion-ion korosif pada permukaan logam (Purnomo, 2015). Putra dkk (2018) juga melakukan penelitian dengan mengekstrak daun jambu biji sebagai aditif cat yang dapat mengendalikan laju proses terbentuknya korosi pada paku yang digunakan pada konstruksi kapal kayu. Senyawa tanin yang terdapat pada ekstrak daun jambu biji akan bereaksi dengan Fe(III) sehingga akan menghasilkan senyawa kompleks pada permukaan logam, hal ini menjadikan laju proses pembentukan korosipun semakin menurun. Senyawa kompleks yang terbentuk dapat membatasi serangan ion- ion korosif pada permukaan logam.



Gambar 2.1 *Reaksi antara Tanin dan Fe(III)*

B. Kajian Penelitian yang Relevan

Pembelajaran melalui pendekatan *green chemistry* dapat meningkatkan motivasi belajar peserta didik, yang dibuktikan melalui respon peserta didik merasa prihatin dengan keadaan di lingkungan sekitar. Peserta didik berinisiatif untuk menggunakan dan menemukan pewarna alami yang ramah lingkungan, membuat tempat penampungan limbah, serta ingin melakukan sosialisasi kepada masyarakat sekitar (Najih, 2019). Perbedaan penelitian ini dengan penelitian yang peneliti lakukan adalah penelitian lebih ditekankan pada penggunaan E-LKPD berbasis *green chemistry* yang akan dikembangkan oleh peneliti. E-LKPD berbasis *green chemistry* yang akan dikembangkan diharapkan dapat membantu peserta didik lebih memahami materi yang akan disampaikan. E-LKPD

juga diharapkan dapat membantu menekankan sikap peduli lingkungan, dan juga memahami kegiatan praktikum berbasis *green chemistry*. Persamaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya adalah sama-sama mengintegrasikan prinsip-prinsip *green chemistry* dalam kegiatan pembelajaran.

Penerapan pembelajaran berbasis *green chemistry* dapat diterapkan pada kegiatan praktikum di sekolah. Salah satu penerapan praktikum berbasis *green chemistry* yang dapat diterapkan adalah praktikum pencegahan korosi menggunakan inhibitor korosi dari ekstrak daun jambu biji. Senyawa Tanin yang terkandung di dalam daun jambu biji dapat menurukan laju korosi yang cukup tinggi pada spesimen baja yang telah direndam dengan menggunakan inhibitor dibandingkan dengan spesimen yang tidak direndam di dalam inhibitor. Penurunan terjadi kurang lebih 0.05 mg/cm^2 /hari. Hal ini menunjukkan terdapatnya perubahan terjadinya korosi dikarenakan pemberian inhibitor ekstrak daun jambu biji. Penambahan inhibitor dengan konsentrasi yang lebih besar maka laju korosipun juga semakin menurun. Senyawa tanin yang terdapat pada ekstrak daun jambu biji akan membentuk senyawa kompleks Fe-tannat pada permukaan baja. Inhibitor yang digunakan akan membentuk lapisan tipis di permukaan

baja, dikarenakan proses adsorpsi oleh inhibitor pada baja meningkat karena konsentrasi yang digunakan semakin tinggi (Hartanto dan Wicaksono, 2018). Persamaan penelitian ini dengan penelitian yang akan dilakukan oleh peneliti adalah penggunaan inhibitor korosi ekstrak daun jambu biji. Perbedaan terletak pada objek uji coba yang digunakan yaitu baja perkapalan dan paku.

Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) Elektronik efektif digunakan untuk meningkatkan keterampilan proses sains peserta didik dibuktikan dengan rata-rata keterampilan proses sains yang diperoleh oleh peserta didik ketika menggunakan E-LKPD menjadi baik dan kriteria sangat baik (Sudibyo dkk, 2019). E-LKPD dengan menggunakan Flip PDF HTML5 sangat valid digunakan, dibuktikan dengan skor rata-rata 3,56 ditinjau dari materi, konstruk, dan desain. E-LKPD dengan menggunakan Flip PDF HTML5 juga sangat praktis digunakan sebagai bahan ajar topik interferensi untuk peserta didik SMA kelas XI semester genap berdasarkan penilaian yang diperoleh dari penelitian dengan persentase rata-rata 88,75%. Berdasarkan penilaian pendidik E-LKPD sangat memungkinkan untuk diterapkan dalam pembelajaran online dan tatap muka, terutama di masa pandemi *covid-19*. E-LKPD dapat digunakan sebagai multimedia untuk

mendukung pembelajaran online. E-LKPD juga mampu meningkatan keterampilan proses sains peserta didik (Febriansyah dkk, 2021). E-LKPD pada penelitian ini akan dibuat dan dikembangkan menggunakan Flip PDF HTML5 dengan memuat unsur sampul, KI, KD, indikator, tujuan pembelajaran, materi pendukung, video praktikum, contoh soal, dan soal latihan. Persamaan peneliti ini dengan penelitian yang dilakukan peneliti adalah sama-sama menggunakan format HTML5. Perbedaan penelitian ini adalah tetapi integrasi prinsip yang digunakan yaitu *green chemistry* dan bukan *green chemistry.*

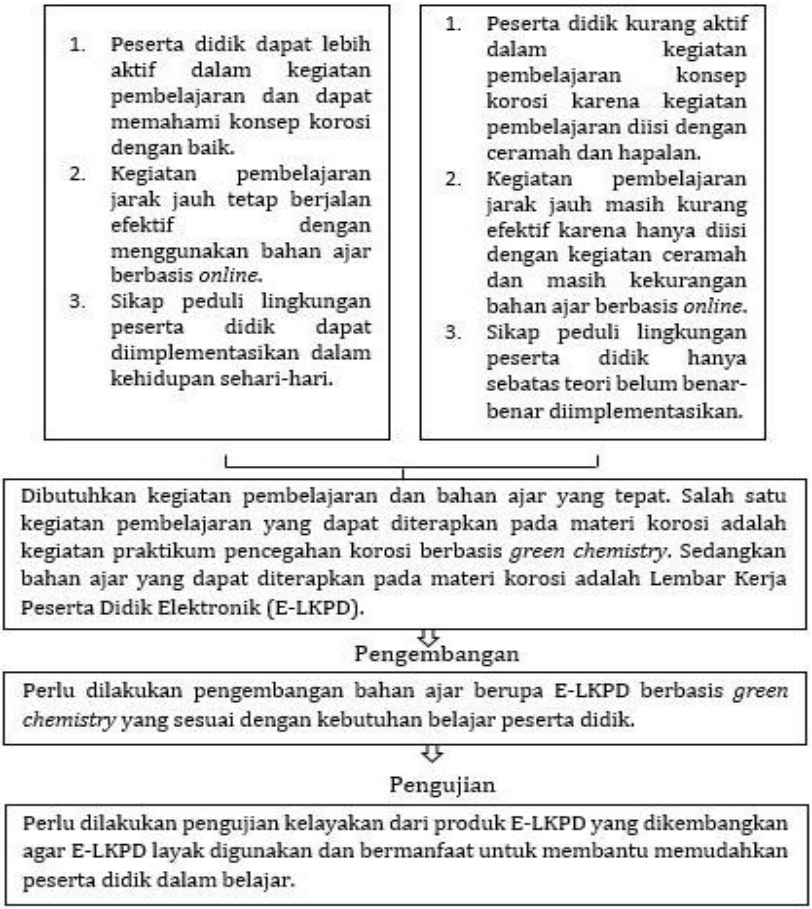
C. Kerangka Berpikir

Hasil pra-riset yang telah dilakukan oleh peneliti menunjukkan bahwa kegiatan pembelajaran pada sub materi korosi lebih banyak diisi dengan kegiatan menghafal saja. Hal tersebut menyebabkan peserta didik kurang berperan aktif dalam kegiatan pembelajaran. Kegiatan pembelajaran yang aktif dapat menuntun peserta didik memahami materi dengan baik (Astuti dkk, 2016). Kegiatan pembelajaran aktif yang dapat diterapkan pada sub bab korosi adalah praktikum mengenai pencegahan korosi.

Pandemi *Covid-19* yang tengah melanda Indonesia saat ini sangat berdampak bagi aspek pendidikan. Pandemi *Covid-19* menyebabkan semua kegiatan pembelajaran

diseluruh sekolah dialihkan menjadi Pembelajaran Jarak Jauh (PJJ). Keterbatasan ruang dan waktu yang disebabkan oleh kegiatan PJJ mengharuskan peserta didik lebih banyak belajar materi secara mandiri, sehingga menyebabkan peserta didik kesulitan memahami materi (Pokhrel dan Chhetri, 2021). Hasil prariset menunjukkan sekitar 64% peserta didik membutuhkan bahan ajar tambahan berbasis *online* yang mudah diakses untuk dipelajari di rumah selama kegiatan PJJ berlangsung. Lembar Kerja Peserta Didik Eelektronik (E-LKPD) dalam adalah bahan ajar interaktif berbasis *online* yang dapat menjadi pilihan untuk membantu memudahkan peserta didik belajar selama PJJ berlangsung (Safitri, Haryanto & Harizon, 2021).

Peserta didik saat ini telah mengetahui bahwa perlindungan lingkungan itu penting, tetapi semua peserta didik belum mempraktekkan atau menerapkan dalam kehidupan sehari-hari (Gabriella dan Sugiarto, 2020). E-LKPD berbasis *green chemistry* yang akan dikembangkan diharapkan dapat membantu peserta didik lebih memahami materi yang akan disampaikan, membantu menekankan sikap peduli lingkungan, dan juga memahami kegiatan praktikum berbasis *green chemistry* (Najih, 2019). Kerangka berpikir terdapat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 *Kerangka Berpikir*

D. Pertanyaan Penelitian

1. Bagaimana karakteristik Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (E-LKPD) berbasis *green chemistry*?
2. Bagaimana kelayakan dari Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (E-LKPD) berbasis *green chemistry*?

BAB III
METODE PENELITIAN

A. Model Pengembangan

Jenis penelitian yang diterapkan dalam penelitian ini adalah penelitian dan pengembangan atau *research and development* (R&D). Sugiyono (2015) menyatakan bahwa metode penelitian dan pengembangan adalah metode penelitian yang digunakan untuk membuat produk tertentu dan menguji keefektifannya. Metodologi penelitian dan pengembangan merupakan proses atau tahapan yang digunakan untuk proses pengembangan produk atau penyempurnaan produk yang sudah ada (Suroya dkk, 2018). Penetapan dasar ilmiah pada proses pembuatan suatu produk pembelajaran yang baru memerlukan tahapan pengembangan dan evaluasi. Berdasarkan pemaparan di atas, dapat disimpulkan bahwa konsep pengembangan adalah suatu proses yang dilakukan untuk menciptakan atau meningkatkan suatu produk dengan memenuhi kriteria acuan tertentu (Sugiyono, 2015).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan pengembangan produk bahan ajar berupa Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (E-LKPD). Model penelitian dan pengembangan yang akan digunakan adalah 4D. Model 4D adalah metode sederhana dalam proses pengembangan suatu

produk (Irawan dkk, 2018). Model penelitian 4D dibagi menjadi beberapa langkah sederhana yaitu: "*Define*", "*Design*", "*Develop*" dan "*Desseminate*" (Thiagarajan dkk, 1974).

Tahap penelitian model 4D yang akan digunakan dibatasi sampai pada tahap *develop* dikarenakan keterbatasan peneliti dalam waktu dan dana penelitian, serta peneliti tidak mengukur tingkat keefektifan pembelajaran dengan menggunakan E-LKPD yang akan dikembangkan. Penelitian dengan menggunakan model 4D harus menggunakan media dan format yang tepat dalam melakukan desain (Irawan dkk, 2018). Model pengembangan ini dipilih sebagai model pengembangan bahan ajar karena tahapan pengembangan yang sederhana, sistematis, terperinci dan mudah dilaksanakan serta sangat sesuai jika digunakan dalam pengembangan bahan ajar seperti E-LKPD (Amir dan Parumbuan, 2018). Keuntungan dari model pengembangan 4D adalah lebih baik dimanfaatkan sebagai pokok utama tidak hanya dalam desain sistem pendidikan, tetapi juga dalam desain perangkat pendidikan (Arywiantari dkk, 2015). E-LKPD yang dikembangkan disusun sesuai dengan kebutuhan peserta didik serta kondisi Pembelajaran Jarak Jauh dikarenakan pandemi *Covid-19*.

B. Prosedur Pengembangan

1. Tahap Pendefinisian (*Define*)

Tahap pendefinisian memiliki tujuan untuk mendefinisikan kebutuhan-kebutuhan dalam kegiatan pembelajaran. Identifikasi dan penetapan kebutuhan belajar diawali dengan analisis tujuan mata pelajaran dan keterbatasan dalam hal alat peraga yang akan dibangun. Langkah ini terdiri atas 5 langkah utama, yaitu (Thiagarajan dkk, 1974):

a. Analisis Awal-Akhir (*Front-end Analysis*)

Analisis awal-akhir memiliki tujuan untuk mengangkat dan mengidentifikasi permasalahan mendasar yang dihadapi dalam kegiatan pembelajaran kimia di MAN 2 Grobogan, sehingga perlu dilakukan pengembangan bahan ajar. Berdasarkan hasil analisis awal akhir akan diperoleh gambaran tentang fakta, harapan dan alternatif pemecahan masalah yang mendasarinya, yang akan memudahkan identifikasi atau pemilihan bahan ajar yang akan dikembangkan.

b. Analisis Peserta Didik (*Learner Analysis*)

Analisis peserta didik adalah kegiatan menelaah karakteristik peserta didik. Karakter yang dianalisis meliputi meliputi keterampilan individu

peserta didik, latar belakang kemampuan kognitif, dan keterampilan sosial yang berkaitan dengan topik pembelajaran.

c. Analisis Tugas (*Task Analysis*)

Analisis tugas adalah studi sistematis mengenai tugas-tugas yang harus dikerjakan oleh peserta didik. Analisis ini memastikan pembahasan mengenai tugas dalam materi pembelajaran secara keseluruhan meliputi struktur isi, prosedur, proses informasi, dan tujuan pembelajaran.

d. Analisis Konsep (*Concept Analysis*)

Analisis konsep bertujuan untuk menelaah konsep-konsep materi yang akan diajarkan kepada peserta didik. Analisis konsep adalah salah satu tahapan penting dalam memperhatikan kecukupan prinsip dalam mengonseptualisasikan materi untuk mencapai kompetensi inti dan kompetensi dasar. Analisis yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

1) Analisis kompetensi inti dan kompetensi dasar untuk menentukan isi materi yang harus disajikan.
2) Analisis sumber belajar, khususnya pengumpulan dan identifikasi sumber yang

dapat menjadi pendukung dalam proses penyusunan bahan ajar.

e. Perumusan Tujuan Pembelajaran (*Specifying Instructional Objectives*)

Perumusan tujuan pembelajaran bertujuan untuk mengetahui hasil analisis tugas dan analisis konsep. Perumusan tujuan pembelajaran dapat digunakan untuk menentukan perilaku dari objek penelitian. Hasil dari penentuan perilaku objek penelitian akan menjadi sumber dalam proses penyusunan tes dan bahan ajar yang kemudian diintegrasikan menjadi materi untuk bahan ajar yang akan dikembangkan oleh peneliti.

2. Tahap Perancangan (*Design*)

Thiagarajan dkk (1974) membagi tahap design menjadi empat tahapan, yaitu:

a. Pemilihan kriteris tes yang sesuai dengan materi dan karakteristik peserta didik.
b. Pemilihan media bahan ajar yang sesuai karakteristik peserta didik
c. Pemilihan format penyajian, disesuaikan dengan bahan ajar dan media pembelajaran yang telah dipakai oleh pendidik sebelumnya. Jika pendidik menggunakan media berupa audio visual seperti

video, tentunya selama proses pembelajaran, peserta didik didorong untuk menonton dan menikmati video yang disajikan.

d. Simulasikan penyajian materi menggunakan media dan tahap-tahap pembelajaran yang telah disusun langkah-langkahnya. Selama simulasi pembelajaran berlangsung, evaluasi dari pendidik atau dosen juga dilakukan.

3. Tahap Pengembangan (*Develop*)

Tahap pengembangan bertujuan untuk membuat bahan ajar. Tahapan ini juga berisi perbaikan produk yang didasarkan pada masukan para ahli materi ataupun media. Thiagarajan dkk (1974) membagi tahap pengembangan menjadi dua kegiatan, yaitu:

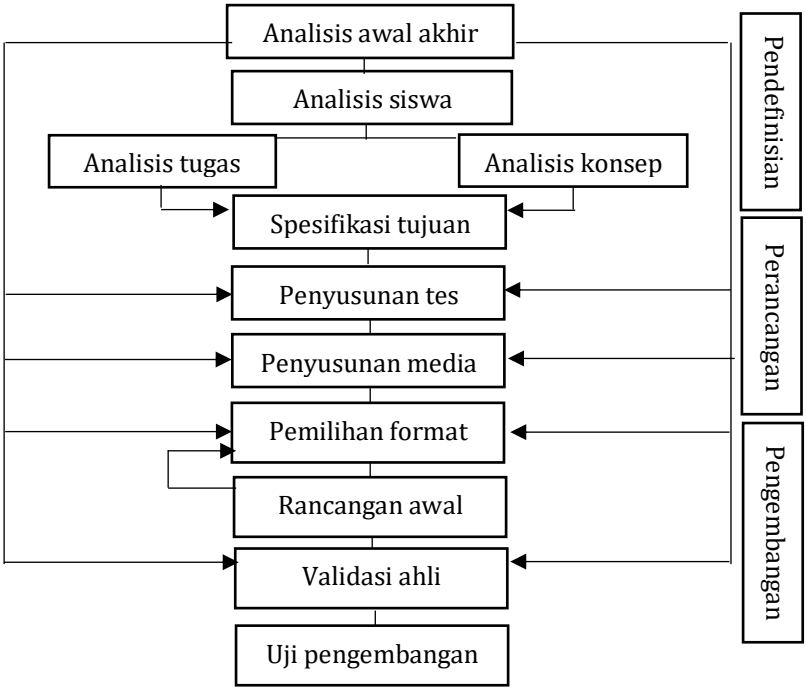
a. *Expert Appraisal*

Expert appraisal adalah tahapan validasi atau mengevaluasi dan penilaian kelayakan suatu desain produk. Kegiatan validasi dan penilaian dilakukan oleh para ahli dibidangnya. Masukan yang ditambahkankan oleh validator digunakan untuk memperbaiki desain dari bahan ajar. Tahapan validasi oleh ahli dilanjutkan dengan revisi.

b. *Developmental Testing*

Developmental testing adalah tahapan menguji cobakan desain produk pada target yang sebenarnya. Pada titik pengujian ini, data yang dicari adalah tanggapan atau komentar pengguna. Hasil dari kegiatan uji coba dipakai untuk memperbaiki produk.

Prosedur Pengembangan E-LKPD lebih ringkas adalah sebagai berikut:



Gambar 3.1 *Prosedur Pengembangan*

C. Desain Uji Coba Produk

1. Desain Uji Coba

Produk yang dikembangkan harus divalidasi oleh ahli materi sebelum diujikan dalam pembelajaran. Validasi materi dilakukan dengan mengevaluasi bahan ajar yang sedang dikembangkan baik konsep, materi maupun kesesuaiannya dengan standar kompetensi serta faktor-faktor yang mempengaruhinya. Penilaian dilakukan dengan menggunakan kuesioner. Melalui validasi ahli materi, peneliti menerima saran perbaikan untuk E-LKPD yang tengah dikembangkan. Hasil validasi yang diperoleh digunakan untuk memperbaiki dan menyempurnakan produk. Validator ahli materi terdiri atas dua dosen kimia dan telah menempuh jenjang Strata-2 pada program studi kimia atau pendidikan kimia dan 1 pendidik mata pelajaran kimia dengan pendidikan minimal Strata-1 program pendidikan kimia atau pendidikan kimia.

Validasi oleh ahli media dilakukan untuk mengevaluasi, desain, tampilan dan komponen bahan ajar yang dikembangkan berdasarkan kuesioner. Penilaian dilakukan dengan menggunakan kuesioner. Melalui validasi media, peneliti menerima saran dan masukan terkait bahan ajar yang dikembangkan. Hasil validasi yang

diperoleh digunakan untuk memperbaiki dan menyempurnakan produk. Validator media terdiri atas 1 dosen kimia yang kompeten terhadap bidang teknologi pembelajaran kimia dan telah menempuh jenjang Strata-2 pada program studi kimia atau pendidikan kimia.

Uji coba selanjutnya yaitu pada kualitas produk yang tengah dikembangkan, jika produk dinilai sudah memenuhi kriteria yang telah ditentukan, kemudian produk diterapkan pada peserta didik. Uji coba produk dilakukan untuk mengetahui tanggapan peserta didik Tahap uji coba awal dilakukan pada kelompok *initial developmental testing* yakni 36 peserta didik yang mewakili kelas XII MIPA 1, 2 dan 3 MAN 2 Grobogan, setiap kelasnya peneliti memilih 12 peserta didik sebagai subjek uji coba.

2. Subjek Coba

Kegiatan uji coba dilaksanakan untuk memperoleh tanggapan dari pengguna produk atau peserta didik. Melalui pengujian produk, peneliti dapat mengetahui kekurangan yang ada pada produk. Tahap uji coba awal dilakukan pada kelompok *initial developmental testing* yakni 36 peserta didik yang mewakili kelas XII MIPA 1, 2 dan 3 MAN 2 Grobogan, setiap kelasnya peneliti memilih 12 peserta didik sebagai subjek uji coba. Data uji coba yang

diperoleh digunakan untuk memperbaiki dan menyempurnakan produk sehingga dihasilkan bahan ajar yang layak digunakan untuk pembelajaran.

3. Teknik dan Instrumen Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

a. Validasi

Validasi adalah teknik pengumpulan data dengan cara memberikan penilaian terhadap produk yang dikembangkan. Validasi dilakukan untuk mengetahui kevalidan produk yang dikembangkan baik dari aspek materi atau media (Sugiyono, 2015).

b. Angket

Angket adalah salah satu teknik pengumpulan data dengan cara memberikan beberapa pertanyaan yang berkaitan dengan kriteria produk E-LKPD yang harus dijawab oleh responden yakni peserta didik (Sugiyono, 2015).

Instrumen pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

a. Lembar Validasi

Lembar validasi digunakan untuk validasi produk Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (E-LKPD) sehingga dapat diketahui kevalidan E-LKPD

tersebut (Sugiyono, 2015). Lembar validasi diberikan kepada para ahli materi dan media. Kisi-kisi dari instrumen validasi ahli adalah sebagai berikut:

1) Lembar Validasi Ahli Materi

Isi dari instrumen validasi ahli materi adalah mengenai tingkat kesesuaian E-LKPD dengan materi pembelajaran yang ditinjau dari ketepatan materi, penyajian materi, bahasa, dan manfaat E-LKPD. Ahli materi terdiri dari dosen yang berkompeten dalam bidang ilmu kimia.

2) Lembar Validasi Ahli Media

Isi dari instrumen validasi ahli media pembelajaran adalah tingkat kesesuaian E-LKPD dengan kualitas bahan ajar dari segi media pembelajaran yang dinilai dari kualitas tampilan bahan ajar seperti aspek didaktik, konstruksi dan teknis. Ahli media adalah dosen ahli teknologi pembelajaran kimia.

b. Lembar Angket

Lembar angket merupakan kumpulan pertanyaan tertulis yang digunakan untuk memperoleh informasi dari responden (Sugiyono, 2015). Lembar angket diberikan kepada peserta didik yang menjadi sampel uji coba via *Google Formulir*

mengenai tanggapan E-LKPD yang dikembangkan. Hasil dari angket peserta didik digunakan untuk mengetahui kepraktisan produk E-LKPD yang dikembangkan.

4. Teknik Analisis Data

Analisis data adalah proses pengumpulan dan pengolahan informasi atau data penelitian secara sistematis melalui proses dokumentasi, wawancara, catatan lapangan. Data dari hasil penelitian yang diperoleh kemudian dijabarkan ke dalam kategori-kategori tertentu, disusun ke dalam pola tertentu, memilah data yang akan digunakan, dan membuat kesimpulan supaya dapat dipahami (Sugiyono, 2015). Penjelasan lebih lanjut adalah sebagai berikut:

a. Analisis Data Angket Validasi Ahli

Rumus untuk menghitung nilai rata-rata angket adalah sebagai berikut (Widoyoko, 2016):

$$\overline{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} bi}{n}$$

Keterangan:

$\overline{X}$: Rata-rata skor tiap butir instrumen

bi : Skor tiap butir instrumen

n : Banyaknya validator

Kriteria kelayakan kualitas untuk memperkuat hasil validasi, menggunakan analisis nilai rata-rata yang disajikan dalam Tabel 3.1 (Widoyoko, 2016).

Tabel 3.1 *Kriteria Tingkat Kevalidan Produk*

No	Rentang Skor	Skor	Kriteria Validasi
1.	$\overline{X} > \overline{Xi}$ + 1,8 Sbi	>4,2 – 5,0	Sangat Valid
2.	$\overline{Xi}$+ 0,6 Sbi < $\overline{X} \leq \overline{Xi}$ + 1,8 Sbi	>3,4 – 4,2	Valid
3.	$\overline{Xi}$– 0,6 Sbi < $\overline{X} \leq \overline{Xi}$ + 0,6 Sbi	>2,6 – 3,4	Cukup Valid
4.	$\overline{Xi}$ – 1,8 Sbi < $\overline{X} \leq \overline{Xi}$– 0,6 Sbi	>1,8 – 2,6	Tidak Valid
5.	$\overline{X} \leq \overline{Xi}$- 1,8 Sbi	≤ 1,8	Sangat Tidak Valid

Keterangan:

$\overline{Xi}$: Rerata ideal

$\frac{1}{2}$ (skor maksimum ideal + skor minimum ideal)

Sbi : Simpangan baku ideal

$\frac{1}{6}$ (skor maksimum ideal – skor minimum ideal)

$\overline{X}$: Skor empiris (skor aktual/skor yang dicapai)

b. Analisis Data Angket Kepraktisan

Angket kepraktisan E-LKPD dideskripsikan dengan teknik analisis data berdasarkan rumus berikut (Widoyoko, 2016):

$$\overline{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} bi}{n}$$

Keterangan:

$\overline{X}$: Rata-rata skor tiap butir instrumen

bi : Skor tiap butir instrumen

n : Banyaknya peserta didik yang mengisi angket

Tabel 3.2 *Kriteria Kepraktisan LKPD*

No	Rentang Skor	Skor	Kriteria Kepraktisan
1.	$\overline{X} > \overline{Xi}$ + 1,8 Sbi	>4,2 – 5,0	Sangat Praktis
2.	$\overline{Xi}$+ 0,6 Sbi < $\overline{X} \leq \overline{Xi}$ + 1,8 Sbi	>3,4 – 4,2	Praktis
3.	$\overline{Xi}$– 0,6 Sbi < $\overline{X} \leq \overline{Xi}$ + 0,6 Sbi	>2,6 – 3,4	Cukup Praktis
4.	$\overline{Xi}$ – 1,8 Sbi < $\overline{X} \leq \overline{Xi}$– 0,6 Sbi	>1,8 – 2,6	Tidak Praktis
5.	$\overline{X} \leq \overline{Xi}$- 1,8 Sbi	≤ 1,8	Sangat Tidak Praktis

Keterangan:

$\overline{Xi}$: Rerata ideal

$\frac{1}{2}$ (skor maksimum ideal + skor minimum ideal)

Sbi : Simpangan baku ideal

$\frac{1}{6}$ (skor maksimum ideal – skor minimum ideal)

$\overline{X}$: Skor empiris (skor aktual/skor yang dicapai)

BAB IV
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengembangan Produk Awal

Pandemi *Covid-19* yang tengah melanda Indonesia sangat berdampak bagi aspek pendidikan. Pandemi *Covid-19* menyebabkan semua kegiatan pembelajaran diseluruh sekolah dialihkan menjadi Pembelajaran Jarak Jauh (PJJ). Kegiatan PJJ menyebabkan peserta didik kesulitan memahami materi karena terdapat keterbatasan ruang dan waktu yang mengharuskan peserta didik lebih banyak belajar materi secara mandiri. Berdasarkan permasalahan tersebut mengharuskan pendidik untuk menyiapkan bahan ajar bersifat interaktif yang mudah diakses oleh peserta didik, berbasis online dan dapat diakses melalui laptop ataupun *handphone* dari rumah.

Salah satu bahan ajar interaktif berbasis *online* yang sesuai untuk diterapkan selama kegiatan PJJ berlangsung adalah Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) dalam bentuk elektronik (Safitri, Haryanto & Harizon, 2021). Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (E-LKPD) dinilai efektif dan praktis digunakan selama kegiatan PJJ berlangsung. Hal tersebut sesuai dengan Febriansyah dkk (2021) yang menyatakan bahwa E-LKPD sangat memungkinkan untuk diterapkan dalam pembelajaran online dan tatap muka,

terutama di masa pandemi *Covid-19*. E-LKPD dapat digunakan sebagai bahan ajar untuk mendukung pembelajaran *online*. E-LKPD juga mampu meningkatan keterampilan proses sains peserta didik (Febriansyah dkk, 2021).

Kegiatan praktikum kimia yang dilakukan di sekolah selama ini masih menghasilkan limbah cukup berbahaya, maka lebih baik jika kegiatan praktikum yang diterapkan sesuai dengan konsep *green chemistry* (Nurbaity, 2011). Sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Gabriella dan Sugiarto (2020) bahwa sebagian besar peserta didik sekarang mengetahui bahwa perlindungan lingkungan itu penting, tetapi semua peserta didik belum mempraktekkan atau menerapkan dalam kehidupan sehari-hari. Berdasarkan permasalahan tersebut kegiatan praktikum akan terasa lebih bermakna jika disesuaikan dengan konsep *green chemistry*. Pembelajaran dengan menggunakan pendekatan *green chemistry* mampu meningkatkan sikap peduli lingkungan peserta didik yang sesuai dengan penelitian Najih (2019) yang menyatakan bahwa setelah diberikan kegiatan pembelajaran berbasis *green chemistry* peserta merasa prihatin dengan keadaan lingkungan di sekitar peserta didik. Peserta didik berinisiatif untuk menggunakan dan menemukan bahan alami yang ramah

lingkungan untuk menggantikan bahan kimia sintetis, membuat tempat penampungan limbah, serta ingin melakukan sosialisasi kepada masyarakat sekitar (Najih, 2019).

Penelitian dan pengembangan ini menghasilkan produk berupa Lembar Kerja Peserta Didik dalam bentuk elektronik atau E-LKPD berbasis *green chemistry* pada praktikum pencegahan korosi materi reaksi redoks dan elektrokimia kelas XII. E-LKPD ini digunakan untuk membantu peserta didik memahami materi reaksi redoks dan elektrokimia selama kegiatan Pembelajaran Jarak Jauh (PJJ) berlangsung. E-LKPD yang dikembangkan juga diintegrasikan dengan konsep *green chemistry* dan permasalahan dalam kehidupan sehari-hari sehingga dapat mendorong peserta didik untuk memiliki sikap peduli lingkungan. Rancangan produk E-LKPD yang telah dikembangkan sebagai berikut:

1. Sampul (Berisi judul materi dan kegiatan, kotak nama, dan keterangan kelas)
2. Identitas E-LKPD (Berisi satuan pendidikan, materi, tahun ajaran, alokasi waktu)
3. Kata pengantar
4. Petunjuk penggunaan media dan isi materi
5. Daftar isi

6. Kompetensi Inti (KI), Kompetensi Dasar (KD), Indikator, dan Tujuan pembelajaran yang akan dicapai
7. Pengenalan (Berisi pengenalan mengenai limbah korosi yang masih menjadi masalah sampai saat ini)
8. Halaman pojok *green chemistry* (Berisi informasi tambahan tentang *green chemistry*)
9. Materi pendukung berbasis *green chemistry*
10. Video praktikum pencegahan korosi berbasis *green chemistry*
11. Laporan praktikum
12. Lembar kegiatan dan diskusi (Berisi beberapa pernyataan yang disertai dengan pertanyaan sebagai bahan diskusi peserta didik)
13. Gambar animasi pembentukan korosi dan video animasi pencegahan korosi
14. Video animasi pencegahan korosi menggunakan ekstrak daun jambu biji (*Psidium guajava linn*)
15. Contoh soal (Berisi soal dan pembahasan)
16. Latihan soal (Berisi 5 latihan soal dalam bentuk *essay*)
17. Daftar pustaka (Berisi referensi yang digunakan oleh pengembang untuk menyusun materi dalam E-LKPD)

Produk yang dikembangkan adalah bahan ajar berupa Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (E-LKPD) dalam sub materi korosi dan pencegahannya yang dihubungkan

dengan konsep *green chemistry.* Konsep sub materi korosi dan pencegahannya yang disajikan dalam E-LKPD berbasis *green chemistry* ini menggunakan teks materi, video praktikum, gambar pendukung materi, animasi yang dapat memperjelas teori yang masih abstrak, persamaan notasi kimia dan beberapa lembar kegiatan. Teks materi yang ditambahkan dalam E-LKPD diintegrasikan dengan konsep *green chemistry*. Materi diintegrasikan dengan konsep *green chemistry* bertujuan untuk membantu meningkatkan sikap peduli lingkungan peserta didik. Sesuai dengan penelitian Najih (2019) yang menyatakan bahwa setelah diberikan kegiatan pembelajaran berbasis *green chemistry* peserta merasa prihatin dengan keadaan lingkungan di sekitar peserta didik. Peserta didik berinisiatif untuk menggunakan dan menemukan bahan alami yang ramah lingkungan untuk menggantikan bahan kimia sintetis, membuat tempat penampungan limbah, serta ingin melakukan sosialisasi kepada masyarakat sekitar (Najih, 2019).

Video praktikum pencegahan korosi menggunakan inhibitor korosi organik berupa ekstrak daun jambu biji digunakan untuk menambah pemahaman peserta didik mengenai bahan-bahan kimia dari alam yang dapat menggantikan bahan kimia berbahaya. Hal ini sejalan

dengan Yudianto (2017) yang menyatakan jika video dapat memberikan stimulan kepada peserta didik untuk memahami materi dengan baik. Video juga efektif digunakan untuk menyampaikan pesan dan isi materi pelajaran. Gambar dan animasi pendukung materi digunakan untuk membantu peserta didik dalam memahami teori yang masih bersifat abstrak seperti proses terbentuknya korosi dan cara kerja inhibitor dalam mencegah terbentuknya korosi. Hal tersebut didukung oleh penelitian Alannasir (2016) yang menyatakan bahwa gambar dan animasi dapat membantu peserta didik dalam memahami materi, dibuktikan dengan hasil belajar yang meningkat setelah diberikan media pembelajaran berupa gambar dan animasi.

Persamaan reaksi ditambahkan untuk membantu peserta didik memahami reaksi yang terjadi di dalam proses pembentukan korosi dan pencegahannya, reaksi diperjelas dengan menggunakan persamaan notasi kimia (Syafitri dan Tressyalina, 2020). E-LKPD yang dikembangkan bersifat interaktif karena terdapat beberapa lembar kegiatan dan lembar diskusi yang dapat mengajak peserta didik untuk bertindak aktif dalam kegiatan pembelajaran. Hal ini sesuai dengan Zulyadaini (2017) bahwa E-LKPD interaktif dinilai dapat memudahkan

kegiatan belajar peserta didik dan dapat membentuk interaksi aktif antara peserta didik dan pendidik.

Metode penelitian yang digunakan *Research and Development* (R&D) dengan model pengembangan Four-D (4-D) oleh (Thiagarajan, Semmel, & Semmel, 1974) yang meliputi tahap *Define* (Pendefinisian), *Design* (Perencanaan), *Develop* (Pengembangan) dan *Disseminate* (Penyebaran). Tahap penelitian yang dilakukan peneliti batasi hanya sampai pada tahap *Develop*, peneliti juga tidak mengukur tingkat keefektifan dari E-LKPD yang dikembangkan dalam kegiatan pembelajaran karena keterbatasan waktu dan biaya penelitian.

1. ***Define* (Pendefinisian)**

   Tahap pendefinisian merupakan langkah penelitian awal yang memiliki tujuan untuk menentukan dan menetapkan syarat-syarat pengembangan produk berupa bahan ajar. Langkah pendefinisian dilakukan dengan mewawancarai pendidik mata pelajaran kimia dan penyebaran angket melalui *google form* kepada peserta didik. Wawancara kepada pendidik dilakukan untuk mengetahui permasalahan yang dihadapi dalam kegiatan pembelajaran kimia selama kegiatan PJJ berlangsung. Penyebaran angket melalui *google form* kepada peserta didik dilakukan untuk mengetahui

kebutuhan-kebutuhan pendukung belajar peserta didik selama belajar dari rumah. Penyebaran angket juga dilakukan untuk mengetahui metode pembelajaran yang disukai peserta didik sehingga dapat menuntun peserta didik aktif, mudah memahami materi dan memiliki sikap peduli lingkungan. Tahap pendefinisian terdiri atas lima langkah:

a. Analisis Awal-Akhir (*Front-End Analysis*)

Analisis awal-akhir memiliki tujuan untuk mengangkat dan mengidentifikasi permasalahan mendasar yang dihadapi dalam kegiatan pembelajaran kimia di MAN 2 Grobogan, sehingga perlu dilakukan pengembangan bahan ajar. Hasil analisis awal akhir menunjukkan gambaran tentang fakta, harapan dan alternatif pemecahan masalah yang mendasarinya, yang akan memudahkan identifikasi atau pemilihan bahan ajar yang akan dikembangkan.

1) Metode Pembelajaran

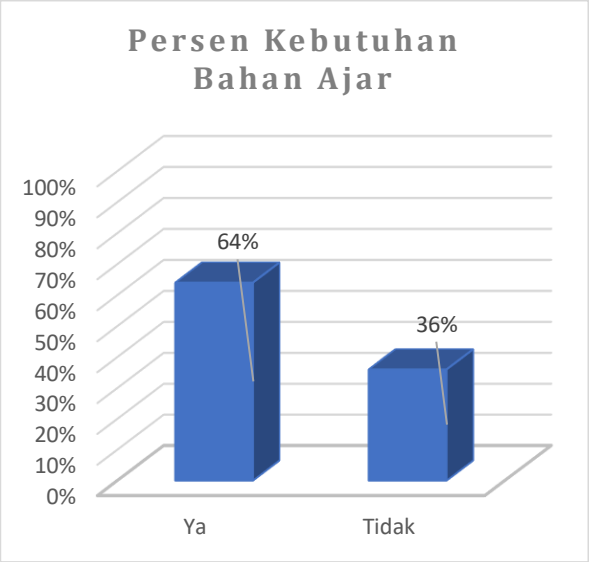
Hasil wawancara menunjukkan bahwa pendidik menyampaikan jika sub materi korosi yang diajarkan lebih ditekankan pada proses terbentuknya korosi dan faktor-faktor yang menyebabkan korosi. Materi mengenai

pencegahan korosi hanya dibahas tentang cara-cara yang dapat digunakan untuk mencegah terbentuknya korosi. Pendidik hanya mengisi kegiatan pembelajaran pada sub materi korosi dengan cara ceramah dan menghafal saja. Kegiatan belajar dengan cara ceramah dan menghafal dapat menyebabkan peserta didik sulit untuk memahami materi dan memiliki proses keterampilan sains yang rendah (Meliala dkk, 2019). Kegiatan pembelajaran pada sub materi korosi akan lebih bermakna jika peserta didik ikut berperan langsung dalam proses pembelajaran, sehingga dapat memberikan pemahaman yang lebih kepada peserta didik (Yohana, 2010).

2) Kegiatan Pembelajaran Jarak Jauh di MAN 2 Grobogan

Kegiatan pembelajaran pada mata pelajaran kimia selama kegiatan PJJ berlangsung masih mengalami kendala. Kegiatan PJJ mengharuskan peserta didik lebih banyak belajar materi secara mandiri menyebabkan karena terdapat keterbatasan

ruang dan waktu, hal ini menyebabkan peserta didik kesulitan memahami materi karena (Pokhrel & Chhetri, 2021). Hasil dari prariset yang telah dilakukan menunjukkan sekitar 64% peserta didik membutuhkan bahan ajar tambahan yang mudah diakses untuk dipelajari di rumah selama kegiatan PJJ berlangsung yang ditunjukkan dalam Gambar 4.1.



Gambar 4.1 *Persentase Kebutuhan Bahan Ajar Tambahan Peserta Didik*

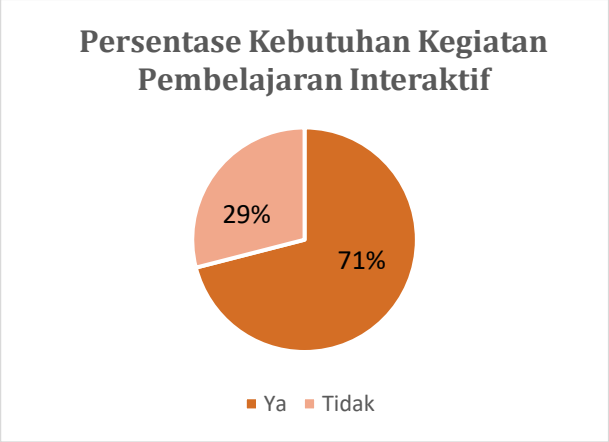
Hasil angket yang ditunjukkan oleh gambar di atas menyatakan bahwa pendidik

harus menyiapkan bahan ajar bersifat interaktif yang mudah diakses oleh peserta didik. Salah satu bahan ajar yang mudah diakses oleh peserta didik selama kegiatan PJJ berlangsung adalah bahan ajar berbasis *online* yang dapat diakses melalui laptop ataupun *handphone* dari rumah (Schleicher, 2020). Hal tersebut sesuai dengan Kurniasari, Pribowo, & Putra (2020) yang menyatakan jika bahan ajar berbasis *online* dinilai efektif untuk digunakan selama kegiatan pembelajaran dilakukan secara daring.

3) Praktikum Pencegahan Korosi Berbasis *Green Chemistry*

Hasil pra-penelitian menunjukkan jika pendidik belum menerapkan kegiatan praktikum mengenai cara pencegahan korosi. Peserta didik belajar pada materi ini hanya dari penjelasan pendidik dan modul yang disediakan. Berdasarkan permasalahan tersebut sudah seharusnya pendidik kimia menerapkan kegiatan pembelajaran yang bersifat interaktif. Kegiatan pembelajaran yang aktif dapat menuntun peserta didik untuk

berperan secara langsung dalam kegiatan pembelajaran sehingga peserta didik mampu memahami materi dengan baik (Astuti dkk, 2016). Kegiatan pembelajaran aktif yang dapat diterapkan pada sub bab korosi adalah praktikum mengenai pencegahan korosi. Hasil dari angket kebutuhan peserta didik menunjukkan bahwa sebanyak 71% peserta didik menginginkan kegiatan pembelajaran yang interaktif seperti praktikum pada sub materi korosi dan pencegahannya yang ditunjukkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 *Hasil Angket Kegiatan Pembelajaran Interaktif*

Korosi dapat dicegah dengan beberapa cara seperti pelapisan permukaan logam, perlindungan katodik, serta penambahan zat inhibitor korosi. Metode yang sangat mudah, murah serta sederhana prosesnya untuk memperlambat proses terbentuknya korosi yaitu dengan menggunakan inhibitor korosi (Mulyati, 2019). Selama ini inhibitor korosi yang digunakan masih menggunakan senyawa beracun (kromat dan arsenik) yang dapat mencemari atau memberi dampak negatif bagi lingkungan (Mulyaningsih, Mujiarto, & Gyani 2019). Berdasarkan hal tersebut dapat memicu timbulnya *chemopobia* pada masyarakat yang beranggapan bahwa kimia sebagai bahan yang beracun dan dapat menyebabkan munculnya masalah pencemaran lingkungan.

Berdasarkan masalah di atas, saat ini para ahli kimia terus berusaha menemukan bahan dasar yang relatif aman digunakan dan dapat mengubah reaksi-reaksi kimia dalam industri menjadi lebih sehat dan ramah lingkungan. Usaha yang telah dilakukan sering

disebut dengan nama *green chemistry* (Paristiowati dkk, 2019).

Kegiatan praktikum yang ditambahkan dalam E-LKPD adalah praktikum pencegahan korosi menggunakan ekstrak daun jambu biji (*Psidium guajava linn*). Tujuan dari praktikum tersebut adalah untuk mengetahui cara pencegahan korosi pada paku menggunakan ekstrak daun jambu biji (*Psidium guajava linn*). Alat dan bahan yang digunakan dalam praktikum adalah: penumbuk atau blender, gelas, pengaduk, gelas ukur, panci, termometer, penyaring, kasa, kaki tiga, paku, alkohol, air, garam, lilin atau bunsen dan daun jambu biji.

Daun jambu biji berfungsi sebagai inhibitor korosi organik karena mengandung senyawa tanin. Tanin dalam daun jambu biji menjadikan daun jambu biji dapat digunakan untuk mengendalikan laju korosi pada baja atau besi (Tambun dkk, 2015). Berdasarkan praktikum yang dilakukan oleh peneliti diperoleh hasil bahwa ekstrak daun jambu biji dapat mengurangi pembentukan korosi pada paku dalam media korosif NaCl. Hasil

praktikum menunjukkan bahwa semakin banyak jumlah daun jambu biji yang digunakan semakin baik dalam mencegah korosi. Peneliti melakukan praktikum dengan menggunakan 2 jenis variabel (jumlah daun) yaitu 2 lembar dan 3 daun jambu biji.

Inhibitor korosi ekstrak daun jambu biji dengan menggunakan 3 lembar daun memberikan hasil lebih baik. Hal tersebut ditunjukkan dari hasil praktikum bahwa karat pada paku yang direndam dalam ekstrak 3 lembar daun jambu biji lebih sedikit dari karat pada paku yang direndam dalam ekstrak 2 lembar daun jambu biji. Penelitian yang dilakukan oleh Hartanto dan Wicaksono (2018) menyatakan bahwa efisiensi inhibisi sangat bergantung pada konsentrasi inhibitor tanin yang dibutuhkan untuk merendam besi atau logam, semakin besar konsentrasi inhibitor tanin yang digunakan untuk merendam besi maka akan semakin tinggi efisiensi inhibisinya. Semakin tinggi efisiensi inhibisinya berarti akan semakin lambat laju korosi pada besi. Besi yang direndam terlebih dahulu dengan ekstrak

daun jambu biji memiliki laju korosi yang lebih rendah daripada besi yang tidak direndam dalam ekstrak daun jambu biji. Hal tersebut dikarenakan tanin yang bersumber dari daun jambu biji akan melapisi besi dan menghambat terjadinya reaksi antara besi dengan larutan NaCl (Hartanto dan Wicaksono, 2018). Integrasi prinsip *green chemistry* dalam inhibitor korosi organik ekstrak daun jambu biji yaitu;

a) Menghindari penggunaan bahan yang berbahaya, produk yang dihasilkan berupa inhibitor korosi organik yang diperoleh dari bahan alam seperti daun jambu biji sehingga lebih ramah lingkungan
b) Perancangan produk kimia yang aman, produk yang dihasilkan dirancang untuk memiliki fungsi sebagai inhibitor dengan memanfaatkan bahan organik dari alam sehingga dapat meminimalisir toksisitas bagi manusia dan lingkungan
c) Mencegah terbentuknya limbah, proses yang dilakukan dalam membuat produk inhibitor korosi organik didesain

menggunakan langkah yang sederhana dan meminimalisir terbentuknya limbah.

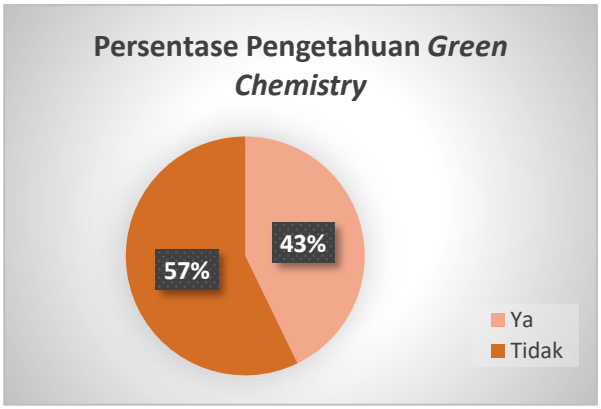
4) Sikap Kesadaran Lingkungan Peserta Didik

Kegiatan praktikum kimia yang dilakukan di sekolah selama ini masih menghasilkan limbah cukup berbahaya, maka lebih baik jika kegiatan praktikum yang diterapkan sesuai dengan konsep *green chemistry* (Nurbaity, 2011). sebagian besar peserta didik sekarang mengetahui bahwa perlindungan lingkungan itu penting, tetapi semua peserta didik belum mempraktekkan atau menerapkan dalam kehidupan sehari-hari (Gabriella dan Sugiarto, 2020).

Berdasarkan permasalahan tersebut kegiatan praktikum akan terasa lebih bermakna jika disesuaikan dengan konsep *green chemistry*. Peserta didik adalah generasi penerus bangsa dan akan hidup berdampingan dengan masyarakat setelah lulus sekolah maka bekal pemahaman mengenai *green chemistry* akan sangat bermanfaat. Praktikum yang diterapkan dengan konsep *green chemistry* mampu meningkatkan motivasi belajar dan

sikap peduli lingkungan peserta didik (Najih, 2019). Hasil dari angket pra-penelitian menunjukkan bahwa seluruh peserta didik sepakat jika praktikum yang dilakukan di sekolah selama ini menghasilkan limbah yang cukup berbahaya bagi lingkungan. Sebanyak 57% peserta didik belum mengetahui tentang praktikum berbasis *green chemistry*. Hal tersebut merupakan tugas tersendiri bagi guru untuk memulai mengenalkan prinsip *green chemistry* bagi peserta didik, supaya peserta didik dapat memiliki sikap peduli lingkungan dan tidak mengalami *chemopobia* ketika mendengar kata kimia.

Kebanyakan peserta didik setuju dengan penerapan prinsip *green chemisty* dalam praktikum, tetapi peserta didik masih kesulitan untuk menerapkannya dalam praktikum dan kehidupan sehari-hari (Mulyanti dan Kadarohman, 2020). Hasil angket ditunjukkan pada Gambar 4.3.

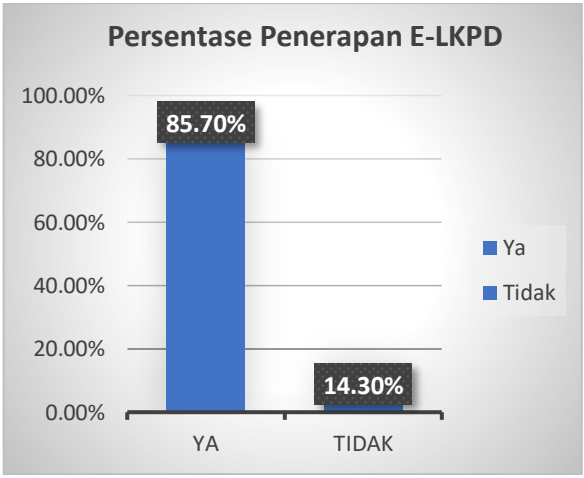


Gambar 4.3 *Hasil Angket Pengetahuan Green Chemistry*

Hasil dari angket di atas menyatakan jika sudah seharusnya pendidik mampu menyeimbangkan kegiatan yang bersifat interaktif seperti praktikum dengan sikap peduli lingkungan peserta didik. Berdasarkan perkembangan teknologi saat ini praktikum kimia dapat dilakukan dengan meminimalisir limbah yang terbentuk atau mengurangi penggunaan bahan yang berbahaya bagi lingkungan atau sering disebut dengan *green chemistry* (Nurbaity, 2011).

Hasil dari analisis angket menunjukkan jika peserta didik hanya belajar dari materi yang diberikan pendidik seperti PPT dan modul

dalam bentuk word atau PDF serta internet. Namun sebagian besar peserta didik masih membutuhkan bahan ajar tambahan yang bersifat interaktif serta mudah untuk diakses. Hal tersebut mendorong peneliti untuk mengembangkan bahan ajar elektronik berupa E-LKPD. Pengembangan E-LKPD ini mendapat respon positif pendidik dan peserta didik, sebanyak 85% peserta didik setuju jika E-LKPD yang akan dikembangkan diterapkan pada kegiatan pembelajaran kimia materi reaksi redoks difokuskan pada sub bab korosi.

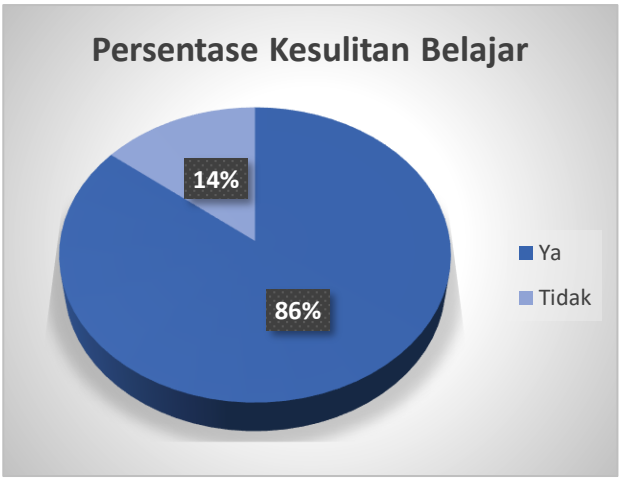


Gambar 4.4 *Persentase Penerapan E-LKPD*

b. Analisis Peserta Didik (*Learner Analysis*)

Analisis peserta didik adalah kegiatan menelaah karakteristik peserta didik. Karakter yang dianalisis meliputi meliputi keterampilan individu peserta didik, latar belakang kemampuan kognitif, dan keterampilan sosial yang berkaitan dengan topik pembelajaran. Berdasarkan analisis hasil angket sebagian besar peserta didik antusias untuk mengikuti kegiatan pembelajaran pada materi reaksi redoks dan elektrokimia terutama pada sub bab korosi dan pencegahannya.

Hasil analisis angket menyebutkan jika sebanyak 86% peserta didik masih mengalami kesulitan untuk memahami materi pada sub bab korosi dan pencegahannya. Beberapa kesulitan yang dihadapi oleh peserta didik adalah seperti memahami proses pembentukan korosi yang disebabkan oleh lingkungan yang lembab, udara di sekitar serta pencegahan korosi menggunakan cara perlindungan katodik dan penggunaan inhibitor yang tidak dapat dilihat secara langsung dengan panca indera (mata). Hasil angket kesulitan belajat ditunjukkan pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 *Persentase Kesulitan Belajar*

Hasil dari analisis angket kebutuhan peserta didik hanya sekitar 21% peserta didik yang memiliki buku pegangan lain untuk mempelajari materi reaksi redoks dan elektrokimia pada sub bab korosi dan pencegahannya. Sisa peserta didik lainnya hanya belajar menggunakan catatan materi dari pendidik berupa PDF, *power point*, dan internet. Sebanyak 64% peserta didik membutuhkan bahan ajar tambahan untuk belajar secara mandiri selama PJJ berlangsung, tetapi hanya sekitar 43% peserta didik yang telah mengetahui bahan ajar berupa E-LKPD. Berdasarkan permasalahan tersebut mendorong

peneliti untuk mengembangkan bahan ajar tambahan pada materi reaksi redoks dan elektrokimia pada sub bab korosi dan pencegahannya dalam bentuk Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (E-LKPD).

Konten tambahan yang ditambahkan oleh peneliti ke dalam E-LKPD yang dikembangkan adalah ilustrasi dan video praktikum. Penambahan ilustrasi diharapkan dapat membantu peserta didik memahami materi yang bersifat abstrak. Hal tersebut dilakukan karena sebagian besar peserta didik masih kesulitan memahami materi korosi dan pencegahannya Alannasir (2016). Penambahan video diharapkan dapat membantu peserta didik memahami cara pencegahan korosi menggunakan bahan alami yang lebih ramah lingkungan. Penambahan video yang diintegrasikan dengan konsep *green chemistry* diharapkan dapat membantu meningkatkan sikap ramah lingkungan peserta didik. Hal ini sejalan dengan Mardhiya, Setiowati & Harahap (2020) yang menyatakan jika video dapat memberikan stimulan kepada peserta didik untuk memahami materi dengan baik dan video juga efektif

digunakan untuk menyampaikan pesan dan isi materi pelajaran.

c. Analisis Tugas (*Task Analysis*)

Analisis tugas adalah studi sistematis mengenai tugas-tugas yang harus dikerjakan oleh peserta didik. Analisis ini memastikan pembahasan mengenai tugas dalam materi pembelajaran secara keseluruhan meliputi struktur isi, prosedur, proses informasi, dan tujuan pembelajaran. Tugas-tugas yang diberikan oleh pendidik selama ini telah memenuhi Kompetensi Dasar materi pokok pada sub materi korosi. Tugas yang diberikan oleh pendidik telah dikaitkan dengan kejadian sehari-hari seperti proses korosi yang terjadi di sekitar peserta didik kemudian diidentifikasi apa saja faktor yang menyebabkan korosi tersebut. Peserta didik kemudian dituntun untuk mengungkapkan cara-cara yang dapat digunakan untuk mencegah terjadinya korosi.

Kebanyakan peserta didik hanya menyebutkan cara-cara pencegahan korosi secara umum berdasarkan apa yang peserta didik hafalkan. Peserta didik menuliskan cara-cara

pencegahan korosi berdasarkan hasil *browsing* dari internet. Tugas yang diberikan pendidik belum sepenuhnya menjadikan peserta didik mampu mengemukakan faktor-faktor yang menyebabkan korosi secara lebih lengkap. Peserta didik belum menyebutkan faktor penyebab korosi lain yang jarang ditemui seperti pada faktor yang menyebabkan perkaratan pada kapal yang disebabkan oleh air laut yang merupakan larutan elektrolit.

Hasil wawancara dengan pendidik menyebutkan jika tugas yang diberikan hanya dari buku. Tugas yang berasal dari buku tidak terlalu banyak membahas mengenai sub materi korosi dan pencegahannya. Ketika peserta didik diberikan tugas yang tidak sama seperti buku peserta didik sedikit mengalami kesulitan untuk mengerjakannya. Berdasarkan hal tersebut tugas yang diberikan belum mampu membangkitkan semangat peserta didik untuk mengeksplor lebih mengenai sub materi korosi ini. Tugas yang diberikan oleh pendidik selama ini belum dikaitkan dengan konsep *green chemistry*. Konsep *green chemistry* dirasa cukup penting untuk

dihadirkan dalam proses pembelajaran sub materi korosi karena korosi merupakan masalah lingkungan yang saat ini belum dapat dicegah dengan baik (Mulyaningsih, Mujiarto, & Gyani 2019). E-LKPD yang akan dikembangkan akan mengintegrasikan tugas pada sub materi korosi dengan konsep *green chemistry*. Kemampuan peserta didik yang dibutuhkan untuk menyelesaikan tugas sub materi korosi yang diintegrasikan pada konsep *green chemistry* adalah sebagai berikut:

1) Peserta didik mampu menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya korosi.
2) Peserta didik mampu menyimpulkan faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya korosi.
3) Peserta didik mampu mengusulkan atau mengajukan gagasan mengenai cara yang aman untuk mencegah korosi.

Hasil yang diperoleh dari kegiatan analisis peserta didik dan wawancara maka tugas yang dilakukan peserta didik selama proses pembelajaran adalah:

1) Menganalisis faktor-faktor yang menyebabkan korosi.

2) Menyimpulkan faktor-faktor yang menyebabkan korosi.
3) Mengusulkan gagasan cara pencegahan korosi yang sering digunakan dan yang ramah lingkungan
4) Mengerjakan Lembar Kerja yang telah disediakan.

d. Analisis Konsep (*Concept Analysis*)

Analisis konsep bertujuan untuk menelaah konsep-konsep materi yang akan diajarkan kepada peserta didik, mengaturnya dalam bentuk hierarki, dan merinci konsep-konsep individu menjadi hal-hal yang kritis. Analisis konsep adalah salah satu tahapan penting dalam memperhatikan kecukupan prinsip dalam mengonseptualisasikan materi untuk mencapai kompetensi inti dan kompetensi dasar. Analisis yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

1) Analisis kompetensi inti dan kompetensi dasar untuk menentukan isi materi yang harus disajikan.
2) Analisis sumber belajar, khususnya pengumpulan dan identifikasi sumber yang

dapat menjadi pendukung dalam proses penyusunan bahan ajar.

Konsep pokok materi pada E-LKPD yang dikembangkan disesuaikan dengan KI dan KD yang harus dicapai dari kegiatan pembelajaran. Materi Dalam E-LKPD juga diintegrasikan dengan konsep *green chemistry*. Hal tersebut dilakukan untuk membantu meningkatkan sikap ramah lingkungan peserta didik. Secara garis besar konsep materi dari E-LKPD adalah sebagai berikut:

1) Konsep korosi dan proses pembentukan korosi beserta reaksinya.
2) Faktor-faktor yang menyebabkan terbentuknya korosi.
3) Cara pencegahan korosi yang umum digunakan dan cara pencegahan korosi yang lebih ramah lingkungan.

e. Perumusan Tujuan Pembelajaran (*Specifying Instructional Objectives*)

Perumusan tujuan pembelajaran bertujuan untuk mengetahui hasil analisis tugas dan analisis konsep. Perumusan tujuan pembelajaran dapat digunakan untuk menentukan perilaku dari objek

penelitian. Hasil dari penentuan perilaku objek penelitian akan menjadi sumber dalam proses penyusunan tes dan bahan ajar yang kemudian diintegrasikan menjadi materi untuk bahan ajar yang akan dikembangkan oleh peneliti. Tujuan pembelajaran yang akan dicapai melalui penggunaan E-LKPD berbasis *green chemistry* adalah sebagai berikut:

1) Melalui kegiatan diskusi dan penggunaan E-LKPD berbasis *green chemistry* peserta didik diharapkan dapat menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya korosi dengan benar.
2) Melalui kegiatan diskusi dan penggunaan E-LKPD berbasis *green chemistry* peserta didik diharapkan dapat menyimpulkan faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya korosi dengan tepat.
3) Melalui kegiatan menyimak video praktikum dan penggunaan E-LKPD berbasis *green chemistry* peserta didik diharapkan dapat mengajukan gagasan untuk mencegah terjadinya korosi dengan tepat.

4) Melalui kegiatan menyimak video praktikum dan penggunaan E-LKPD berbasis *green chemistry* peserta didik diharapkan dapat mengusulkan gagasan untuk mencegah terjadinya korosi dengan tepat.
5) Melalui kegiatan menyajikan hasil praktikum dan mengerjakan E-LKPD berbasis *green chemistry* peserta didik diharapkan dapat menyimpulkan faktor-faktor yang dapat mempengaruhi terjadinya korosi dan mengusulkan gagasan untuk mencegah terjadinya korosi dengan benar.

Berdasarkan pemaparan dari tahap pendefinisian (*define*) dapat ditarik kesimpulan sementara mengenai permasalahan yang terjadi di MAN 2 Grobogan selama kegiatan PJJ berlangsung adalah sebagai berikut:

1) Selama kegiatan PJJ berlangsung pendidik mengajar pada sub materi korosi hanya diisi dengan kegiatan ceramah dan hafalan saja, sehingga menyebabkan peserta didik kurang aktif selama kegiatan pembelajaran berlangsung.

2) Sebagian besar peserta didik masih membutuhkan bahan ajar tambahan berbasis *online* yang mudah untuk diakses selama kegiatan PJJ berlangsung.
3) Pendidik belum pernah menerapkan kegiatan praktikum pada sub materi korosi sedangkan peserta didik membutuhkan kegiatan pembelajaran interaktif seperti praktikum untuk memahami sub materi korosi dan pencegahannya.
4) Sebagian besar peserta didik beranggapan bahwa praktikum yang dilaksanakan di laboratorium selama ini masih menghasilkan limbah berbahaya, belum banyak peserta didik yang paham mengenai praktikum berbasis *green chemistry*.
5) Sikap ramah lingkungan peserta didik hanya sebatas teori, peserta didik belum benar-benar menerapkannya dalam kehidupan sehari-hari.

Faktor pendukung untuk membantu menyelesaikan permasalahan yang terjadi selama kegiatan PJJ berlangsung adalah sebagai berikut:

1) Pandemi *Covid-19* yang tengah melanda Indonesia menyebabkan kegiatan pembelajaran di sekolah harus dialihkan menjadi sistem Pembelajaran Jarak Jauh (PJJ) sehingga kebutuhan bahan ajar yang berbasis *online* seperti E-LKPD menjadi penting untuk dipenuhi.
2) Sebagian besar peserta didik memiliki *handphone* yang mumpuni untuk membuka internet atau E-LKPD *online*.
3) E-LKPD yang dikembangkan mudah untuk diakses pada *handphone* jenis apapun tanpa harus men*download* terlebih dahulu.
4) Pendidik mendukung pengembangan E-LKPD sebagai bahan ajar tambahan yang dapat digunakan selama kegiatan PJJ berlangsung.
5) Peserta didik mendukung pengembangan E-LKPD sebagai bahan ajar tambahan yang dapat digunakan selama kegiatan PJJ berlangsung.

Berdasarkan hal tersebut peneliti menawarkan solusi untuk membantu menyelesaikan permasalahan yang terjadi pada proses pembelajaran sub materi korosi selama

kegiatan PJJ berlangsung. Solusi yang ditawarkan oleh peneliti adalah dengan mengembangkan Lembar Kerja Peserta Didik (E-LKPD) berbasis *green chemistry* pada pokok bahasan sub materi korosi dan pencegahannya kelas XII. Hal tersebut sesuai dengan penelitian Kurniasari, Pribowo, & Putra (2020) bahwa perlu dilakukan pengembangan bahan ajar tambahan berbasis *online* yang lebih mudah diakses dan bersifat interaktif untuk membantu peserta didik selama kegiatan PJJ berlangsung.

2. *Design* (Perancangan)

Tahapan *design* merupakan langkah kedua dari rangkaian tahapan dalam merancang desain produk berupa bahan ajar yang dikembangkan dalam bentuk Lembar Kerja Berbasis *green chemistry* pada sub materi korosi dan praktikum pencegahan korosi. Tahap *design* terdiri atas tiga langkah sebagai berikut:

a. Pemilihan Media

Langkah pemilihan media pembelajaran atau bahan ajar yang akan dikembangkan harus sesuai dengan materi dan karakteristik peserta didik. Hasil dari penelitian menunjukkan jika, sesuai dengan materi, keadaan sekolah,

karakteristik peserta didik serta sistem pembelajaran yang masih dilaksanakan secara blended *learning* bahan ajar yang cocok untuk dikembangkan adalah bahan ajar berbasis *online* yang mudah diakses oleh peserta didik melalui *handphone* atau laptop. Bahan ajar yang dikembangkan berupa Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (E-LKPD) dalam bentuk *flipbook* yang dapat diakses melalui *google* dengan menggunakan link yang diberikan oleh pengembang. E-LKPD dikembangkan menggunakan aplikasi *Flip PDF Profesional*. Materi yang terdapat dalam E-LKPD adalah sub materi korosi yang dilengkapi dengan praktikum pencegahan korosi berbasis *green chemistry*.

Materi yang ditambahkan dalam E-LKPD didasarkan pada hasil angket, dan wawancara yang menyatakan jika sub materi korosi masih sulit untuk dipahami dan kegiatan pembelajarannya hanya diisi dengan hafalan. E-LKPD yang dikembangkan juga menyesuaikan karakteristik peserta didik. Peserta didik lebih dominan untuk belajar dengan praktikum, menggunakan bahan ajar yang interaktif, terdapat

animasi yang dapat memperjelas materi yang masih abstrak.

b. Pemilihan Format

Langkah pemilihan format bertujuan untuk menentukan format yang akan digunakan dalam merancang produk E-LKPD yang dikembangkan. Format yang digunakan dalam mengembangkan E-LKPD berbasis *green chemistry* ini adalah Html5. Format html5 dipilih karena sesuai Febriansyah dkk (2021) bahwa Flip PDF HTML5 sangat valid dan praktis digunakan sebagai bahan ajar. Format html5 dapat diakses melalui google secara *online*. Pemilihan format html5 ini didasarkan pada hasil angket yang menyatakan jika sekitar 64% peserta didik membutuhkan bahan ajar tambahan berbasis *online* dan terdapat animasi di dalamnya. Peserta didik hanya perlu membuka E-LKPD melalui link yang dibagikan oleh pengembang, setelah itu peserta didik dapat menggunakan E-LKPD tersebut tanpa harus mengunduh.

Pemilihan format juga disesuaikan dengan kegiatan pembelajaran yang ada di sekolah tempat penelitian. Kegiatan pembelajaran yang digunakan adalah Pembelajaran Jarak Jauh (PJJ) dan *blended*

learning sehingga pemilihan format html5 ini diharapkan dapat membantu memudahkan peserta didik untuk belajar di rumah. E-LKPD berbasis *online* ini dapat menyingkat waktu pembelajaran sehingga lebih fleksibel untuk digunakan sebagai bahan belajar di rumah. Pembelajaran disesuaikan dengan media pembelajaran yang digunakan.

c. Rancangan Awal

Langkah rancangan awal memiliki tujuan merancang produk E-LKPD. Rancangan produk awal ini didasarkan pada hasil analisis pada tahap-tahap sebelumnya yaitu analisis awal akhir, analisis peserta didik, analisis tugas, dan analisis konsep. Langkah selanjutnya materi disimulasikan sesuai langkah-langkah pembelajaran yang telah dirancang menjadi bentuk E-LKPD. Produk E-LKPD harus sudah selesai terlebih dahulu pada tahap ini. Tahap perancangan awal pada E-LKPD juga diikuti dengan tahap penilaian dan revisi berdasarkan masukan dari dosen pembimbing. Masukan dosen pembimbing bertujuan untuk perbaikan awal produk sebelum dilanjutkan proses validasi.

1) Sampul Depan

Gambar 4.6 *Sampul Depan*

Gambar 4.6 merupakan tampilan sampul depan E-LKPD yang terdiri atas judul E-LKPD, judul materi, gambar rantai berkarat, daun jambu biji yang berkaitan dengan pencegahan korosi dan gambar molekul, yang menggambarkan isi bahan ajar. Warna sampul didominasi dengan warna hijau, warna hijau merupakan warna yang identik dengan alam (Arsyad, 2009). Tujuan penambahan gambar pada sampul adalah untuk membantu memberikan stimulus

kepada pembaca mengenai materi yang akan dibahas. Hal tersebut sesuai dengan penelitian dari Kholifahtus dan Wardoyo (2021) yang menyatakan jika gambar dan komponen lainnya dalam sampul dapat memberikan stimulus kepada pembaca, sehingga pembaca mendapatkan gambaran materi apa saja yang akan dibahas di dalam buku.

Komponen yang ditambahkan pada sampul juga harus disusun dengan seimbang, tidak ada bagian pada sampul yang terlalu kosong sedangkan bagian lain terisi penuh dengan komponen seperti gambar dan tulisan. Keseimbangan komponen pada sampul dapat memberikan kesan rapi, sehingga pembaca merasa termotivasi untuk membaca. Sesuai dengan penelitian Kholifahtus dan Wardoyo (2021) yang menyatakan jika sampul disusun dengan rapi dan menarik akan menambah motiviasi pembaca untuk membaca materi atau isi dari buku.

2) Halaman Standar Kompetensi

Standar Kompetensi (KI)

KI-1 dan KI-2	:	Menghayati dan mengamalkan ajaran agama yang dianutnya. Menghayati dan mengamalkan perilaku jujur, disiplin, santun, peduli (gotong royong, kerjasama, toleran, damai), bertanggung jawab, responsif, dan pro aktif dalam berinteraksi secara efektif sesuai dengan perkembangan anak di lingkungan, keluarga, sekolah, masyarakat dan lingkungan alam sekitar, bangsa, negara, kawasan regional, dan kawasan internasional".
KI-3	:	Memahami, menerapkan, dan menganalisis 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.

Kompetensi Dasar (KD) dan Indikator

KD	Indikator
3.5. Menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya korosi dan cara mengatasinya	3.5.1 Mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya korosi 3.5.2 Menjelaskan faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya korosi
4.5. Mengajukan gagasan untuk mencegah dan mengatasi terjadinya korosi	4.5.1 Menyimak video praktikum pencegahan korosi berbasis *green chemistry* 4.5.2 Menyampaikan gagasan untuk mencegah terjadinya korosi 4.5.3 Menyajikan hasil praktikum dan mengerjakan E-LKPD

Gambar 4.7 *Halaman Standar Kompetensi*

Gambar 4.7 merupakan halaman standar kompetensi yang harus dicapai dalam kegiatan pembelajaran. Standar kompetensi berisi Kompetensi Inti 1 yang berisi tentang sikap spiritual yang harus dimiliki oleh peserta didik, Kompetensi Inti 2 berisi tentang sikap sosial yang harus dilakukan oleh peserta didik selama kegiatan pembelajaran berlangsung. Standar Kompetensi Inti 3 berisi kemampuan pengetahuan yang akan dicapai oleh peserta didik dan Kompetensi Inti 4 berisi tentang

keterampilan yang harus dimiliki oleh peserta didik dalam kegiatan pembelajaran.

3) Halaman Kompetensi Dasar dan Indikator

Standar Kompetensi (KI)

KI-1 dan KI-2	:	Menghayati dan mengamalkan ajaran agama yang dianutnya. Menghayati dan mengamalkan perilaku jujur, disiplin, santun, peduli (gotong royong, kerjasama, toleran, damai), bertanggung jawab, responsif, dan pro aktif dalam berinteraksi secara efektif sesuai dengan perkembangan anak di lingkungan, keluarga, sekolah, masyarakat dan lingkungan alam sekitar, bangsa, negara, kawasan regional, dan kawasan internasional".
KI-3	:	Memahami, menerapkan, dan menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, prosedural, dan metakognitif berdasarkan rasa ingin tahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan kemanusiaan 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.

Kompetensi Dasar (KD) dan Indikator

KD	Indikator
3.5. Menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya korosi dan cara mengatasinya	3.5.1 Mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya korosi 3.5.2 Menjelaskan faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya korosi
4.5. Menyajikan gagasan untuk mencegah dan mengatasi terjadinya korosi	4.5.1 Menyimak video praktikum pencegahan korosi berbasis *green chemistry* 4.5.2 Menyusunkan gagasan untuk mencegah terjadinya korosi 4.5.3 Menyajikan hasil praktikum dan mengerjakan E-LKPD

Gambar 4.8 Halaman Kompetensi Dasar dan Indikator

Gambar 4.8 merupakan halaman Kompetensi Dasar dan Indikator yang akan dicapai dalam kegiatan pembelajaran. Kompetensi dasar berisi tentang sikap, pengetahuan, dan keterampilan yang harus dimiliki oleh peserta didik (Gabriella dan Sugiarto, 2020). Kompetensi Dasar (KD) yang diangkat dalam E-LKPD ini terdiri atas KD 3 dan 4, KD 3 berisi tentang pengetahuan konsep korosi, faktor-faktor yang

mempengaruhi korosi dan gagasan mengenai cara pencegahannya. KD 4 berisi mengenai keterampilan yang harus dimiliki oleh peserta didik yaitu peserta didik dapat mengajukan gagasan untuk mencegah dan mengatasi terjadinya korosi. Halaman ini juga memuat indikator pembelajaran.

Indikator pembelajaran berisi tentang penjabaran dari Kompetensi Dasar yang menunjukkan respon peserta didik yang berkaitan dengan kegiatan pembelajaran (Meliala dkk, 2019). Indikator adalah ciri-ciri yang dapat menunjukkan peserta didik dapat menguasai Kompetensi Dasar (Gabriella dan Sugiarto, 2020). Indikator berisi tentang kegiatan yang dilakukan oleh peserta didik seperti menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi korosi pada besi yang sering terjadi dan mengusulkan gagasan mengenai cara untuk mencegah korosi berdasarkan temuan-temuan peserta didik, melalui kegiatan praktikum dan berdiskusi.

4) Halaman Tujuan Pembelajaran

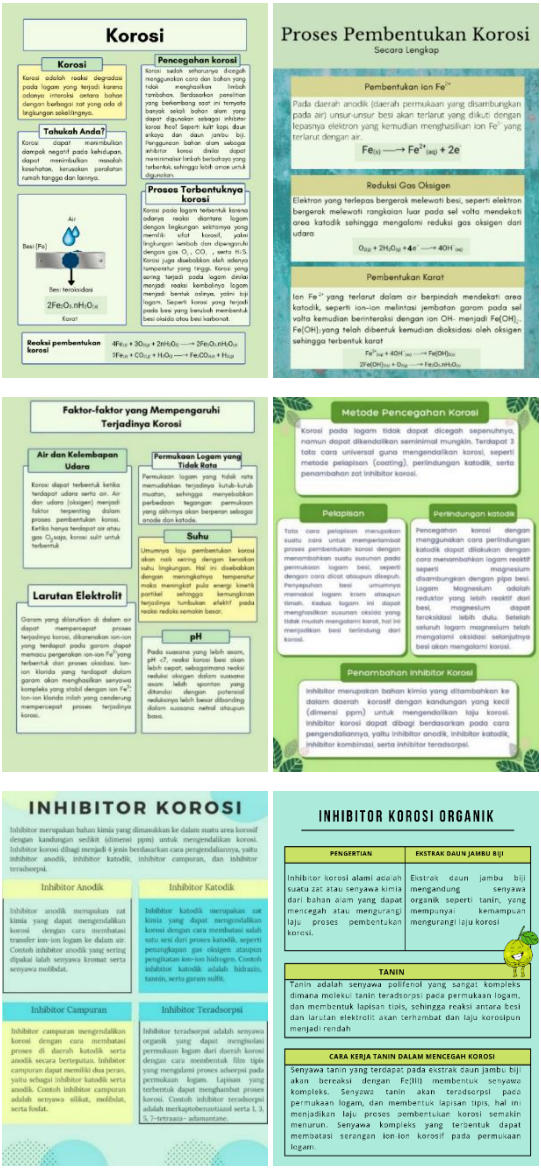
Tujuan Pembelajaran

Melalui kegiatan praktikum berbasis *green chemistry* dan penggunaan E-LKPD peserta didik diharapkan dapat menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya korosi serta dapat menyimpulkan gagasan tentang pencegahan terjadinya korosi, sehingga peserta didik dapat menghayati dan mengamalkan ajaran agama yang dianutnya melalui belajar kimia, mengembangkan sikap jujur, peduli, dan bertanggung jawab, serta dapat mengembangkan kemampuan berpikir kritis, berkomunikasi, berkolaborasi, dan berkreasi (4C) dan peduli lingkungan.

Gambar 4.9 *Halaman Tujuan Pembelajaran*

Gambar 4.9 adalah halaman tujuan pembelajaran memuat pernyataan operasional yang didasarkan pada Kompetensi Dasar. Tujuan pembelajaran memuat kompetensi yang harus dikuasai dan dicapai dalam kegiatan pembelajaran (Meliala dkk, 2019). Tujuan pembelajaran berisi pernyataan operasional dari Kompetensi Dasar (Gabriella dan Sugiarto, 2020).

5) Halaman Materi



Gambar 4.10 Halaman Materi

Gambar 4.10 merupakan gambar halaman materi yang berisi mengenai materi pokok korosi dan pencegahannya. Materi yang dimasukkan didasarkan pada KI yang diturunkan menjadi KD dijabarkan dalam indikator (IPK) dan kemudian dituangkan dalam tujuan yang harus dicapai dalam kegiatan pembelajaran. Sub materi korosi dan pencegahannya disusun dengan menggunakan pendekatan *green chemistry* yang didasarkan pada prinsip-prinsip *green chemistry*.

Materi diintegrasikan dengan prinsip-prinsip *green chemistry* diharapkan dapat meningkatkan sikap peduli lingkungan peserta didik (Najih, 2019). Materi yang disajikan juga didahului dengan pengenalan dan pertanyaan terlebih dahulu. Penambahan apersepsi dan pertanyaan diharapkan dapat menciptakan suasana interaktif dalam kegiatan belajar (Zulyadaini, 2017). Apersepsi atau pengenalan yang ditambahkan berhubungan dengan peristiwa-peristiwa korosi yang terjadi dalam kehidupan sehari-

hari sehingga peserta didik lebih mudah untuk memahami.

6) Lembar Pojok *Green Chemistry*

Gambar 4.11 *Halaman Pojok Green Chemistry*

Gambar 4.11 merupakan halaman pojok *green chemistry* yang berisi pengertian praktikum berbasis *green chemistry*, pentingnya menerapkan *green chemistry* dalam praktikum kimia, keuntungan menerapkan prinsip-prinsip *green chemistry* dalam kegiatan praktikum dan 12 prinsip *green chemistry*. Adanya pojok *green chemistry* ini diharapkan dapat memberikan informasi tambahan bagi peserta didik

sehingga dapat membantu peserta didik dapat dalam memahami *green chemistry* dan dapat menekankan peserta didik memahami praktikum yang lebih aman serta ramah lingkungan. Hal tersebut didukung oleh penelitian Najih (2019) yang menyatakan bahwa materi diintegrasikan dengan prinsip-prinsip *green chemistry* dapat meningkatkan sikap peduli lingkungan peserta didik.

7) Halaman Praktikum Pencegahan Korosi

Gambar 4.12 *Halaman Praktikum Pencegahan Korosi*

Gambar 4.12 merupakan halaman praktikum pencegahan korosi yang berisi

tujuan praktikum, mari bereksperimen yang berisi video praktikum pencegahan korosi berbasis *green chemistry*. Video praktikum yang ditambahkan pada halaman praktikum ini merupakan video praktikum mengenai pencegahan korosi dengan memanfaatkan bahan alami seperti daun jambu biji. Daun jambu biji diolah (diberikan perlakuan sedemikian rupa) untuk diambil ekstraknya. Ekstrak daun jambu biji yang diperoleh akan digunakan sebagai inhibitor korosi organik. Tujuan dari praktikum ini adalah mengetahui cara pencegahan korosi pada paku menggunakan ekstrak daun jambu biji (*Psidium guajava linn*).

Pengembangan praktikum ini diharapkan dapat menuntun peserta didik untuk mencapai KD 4.5 yaitu dapat mengajukan gagasan mengenai cara pencegahan korosi yang lebih ramah lingkungan. Selanjutnya pada halaman laporan eksperimen berisi beberapa pertanyaan yang harus diisi oleh peserta didik diantaranya adalah tujuan praktikum, hasil

praktikum dan hipotesis dari peserta didik. Penambahan halaman laporan eksperimen ini memiliki tujuan membantu peserta didik mengembangkan keterampilan berpikir ilmiah yang dimiliki (Kholifahtus dan Wardoyo, 2021).

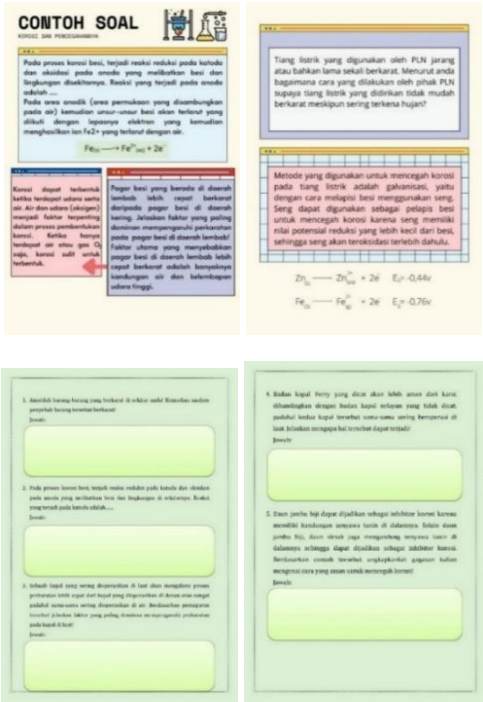
8) Halaman Pembahasan Praktikum

Gambar 4.13 *Halaman Pembahasan Praktikum*

Gambar 4.13 merupakan halaman pembahasan praktikum pencegahan korosi menggunakan ekstrak daun jambu biji. Halaman pembahasan praktikum ini berisi pembahasan dari video praktikum yang disajikan pada halaman sebelumnya. Pembahasan pertama mengenai

pembentukan karat pada paku karena paku direndam dalam larutan elektrolit (NaCl). Pembahasan kedua mengenai pengertian tanin sebagai inhibitor korosi organik. Pembahasan terakhir mengenai cara kerja dari tanin dalam mencegah terjadinya proses korosi pada paku.

9) Halaman Contoh Soal dan Latihan Soal



Gambar 4.14 *Halaman Contoh Soal dan Latihan Soal*

Gambar 4.14 merupakan halaman contoh soal dan latihan soal. Penambahan contoh

soal dan latihan soal bertujuan untuk mengetahui tingkat pemahaman peserta didik. Peserta didik wajib menguasai minimal satu kompetensi seperti kompetensi pedagogik (Fitrianawati 2017). Kompetensi pedagogik adalah tingkat pemahaman peserta didik, mengevaluasi hasil belajar peserta didik untuk mengembangkan potensi yang dimiliki oleh peserta didik. Kompetensi pedagogik peserta didik dapat diketahui dengan memberikan contoh soal dan latihan soal (Fitrianawati, 2017).

Tahap perancangan E-LKPD yang telah pengembang selesaikan kemudian diberikan saran atau masukan oleh dosen pembimbing metodologi penelitian Ibu Anita Fibonacci, M.Pd. dan dosen pembimbing materi Ibu Hanifah Setiowati, M.Pd. yang kemudian dilanjutkan revisi oleh pengembang. Tahap revisi dilakukan sebelum dilaksanakan tahap validasi oleh validator ahli materi dan media serta sebelum dilaksanakan tahap uji coba produk yang dikembangkan kepada peserta didik. Beberapa tambahan yang diberikan oleh dosen pembimbing berkaitan dengan warna

latar belakang E-LKPD, kelengkapan komponen-komponen E-LKPD, tujuan pembelajaran, animasi, video dan kegiatan pembelajaran seperti diskusi yang dapat ditambahkan ke dalam E-LKPD. Dosen pembimbing juga memberikan masukan untuk lebih memperhatikan materi yang ditambahkan, supaya menghindari miskonsepsi antar peserta didik. Materi yang disajikan juga lebih diintegrasikan dengan prinsip *green chemistry* yang digunakan dalam praktikum. Berikut rancangan E-LKPD setelah direvisi berdasarkan saran yang ditambahkan oleh dosen pembimbing.

1) Sampul Depan

Sebelum Revisi *Setelah Revisi*

Gambar 4.15 *Halaman Sampul Depan Sebelum Revisi*

Gambar 4.15 merupakan tampilan sampul depan E-LKPD yang telah direvisi. Sampul depan terdiri atas judul E-LKPD, judul materi, gambar rantai berkarat, daun jambu biji yang berkaitan dengan korosi dan gambar molekul, yang menggambarkan isi bahan ajar. Pada tahap penyusunan sampul depan terdapat beberapa tambahan dan koreksi dari dosen pembimbing di antaranya penulisan nama penyusun atau pengembang E-LKPD karena nama penyusun itu berfungsi sebagai salah satu tanda hak cipta yang dimiliki oleh penyusun atau pengembang E-LKPD ini.

Tambahan dan koreksi kedua adalah penulisan nama latin daun jambu biji (*Psidium guajava linn*) harus diawali dengan huruf kapital dan ditulis miring sesuai dengan aturan tata nama ilmiah. Tambahan dan koreksi untuk sampul yang ketiga adalah penambahan identitas kelas pengguna E-LKPD yang dikembangkan, supaya lebih memperjelas E-LKPD akan digunakan untuk peserta didik kelas XII.

2) Halaman Standar Kompetensi

Standar Kompetensi (SK)

KI-1 dan KI-2 : Menghayati dan mengamalkan ajaran agama yang dianutnya. Menghayati dan mengamalkan perilaku jujur, disiplin, santun, peduli (gotong royong, kerjasama, toleran, damai), bertanggung jawab, responsif, dan pro aktif dalam berinteraksi secara efektif sesuai dengan perkembangan anak di lingkungan, keluarga, sekolah, masyarakat dan lingkungan alam sekitar, bangsa, negara, kawasan regional, dan kawasan internasional".

KI-3 : Memahami, menerapkan, dan menganalisis 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.

Kompetensi Dasar (KD) dan Indikator

KD	Indikator
3.3. Menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya korosi dan cara mengatasinya	3.3.1 Mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya korosi 3.3.2 Menjelaskan faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya korosi
4.3. Menggunakan gagasan untuk mencegah dan mengatasi terjadinya korosi	4.3.1 Merumuskan video praktikum pencegahan korosi berbasis green chemistry 4.3.2 Menyusunkan gagasan untuk mencegah terjadinya korosi 4.3.3 Menyajikan hasil praktikum dan mengepostkan E-GEPO

Standar Kompetensi (SK)

KI-1 : Menghayati dan mengamalkan ajaran agama yang dianutnya.

KI-2 : Menghayati dan mengamalkan perilaku jujur, disiplin, santun, peduli (gotong royong, kerjasama, toleran, damai), bertanggung jawab, responsif, dan pro aktif dalam berinteraksi secara efektif sesuai dengan perkembangan anak di lingkungan, keluarga, sekolah, masyarakat dan lingkungan alam sekitar, bangsa, negara, kawasan regional, dan kawasan internasional.

KI-3 : Memahami, menerapkan, dan menganalisis 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.

KI-4 : Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, bertindak secara efektif dan kreatif, serta mampu menggunakan metode sesuai kaidah keilmuan.

Sebelum Revisi *Setelah Revisi*

Gambar 4.16 *Revisi Halaman Standar Kompetensi*

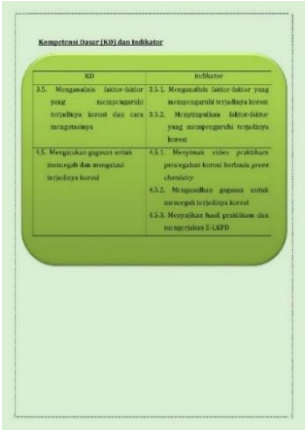
Gambar 4.16 merupakan halaman standar kompetensi yang harus dicapai dalam kegiatan pembelajaran setelah direvisi. Standar kompetensi berisi Kompetensi Inti 1 yang berisi tentang sikap spiritual yang harus dimiliki oleh peserta didik. Kompetensi Inti 2 berisi tentang sikap sosial yang harus dimiliki oleh peserta didik dalam kegiatan pembelajaran. Standar Kompetensi Inti 3 berisi kemampuan pengetahuan yang harus dicapai oleh peserta didik. Kompetensi Inti 4 berisi tentang keterampilan yang harus

dimiliki oleh peserta didik dalam kegiatan pembelajaran.

Tahap penyusunan halaman standar kompetensi mendapatkan tambahan dan koreksi dari dosen pembimbing. Koreksi yang diberikan di antaranya adalah posisi standar kompetensi yang terpotong. Warna hijau yang dipilih untuk kotak penulisan standar kompetensi disesuaikan dengan warna latar belakang E-LKPD yaitu hijau terang supaya lebih jelas ketika dilihat.

3) Halaman Kompetensi Dasar dan Indikator

Sebelum Revisi



Setelah Revisi

Gambar 4.17 *Revisi Halaman Kompetensi Dasar dan Indikator*

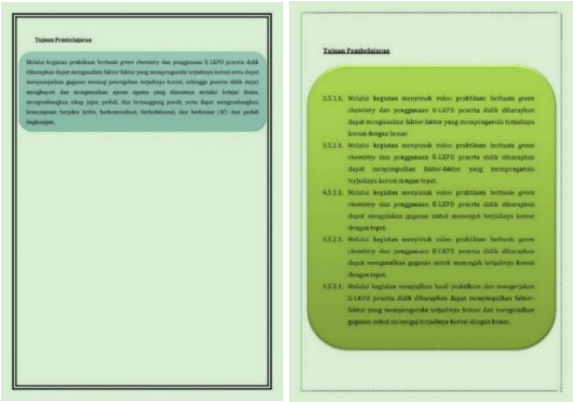
Gambar 4.17 merupakan halaman Kompetensi Dasar dan Indikator yang harus dicapai dalam kegiatan pembelajaran yang telah direvisi. Kompetensi dasar berisi tentang sikap, pengetahuan, dan keterampilan yang harus dimiliki oleh peserta didik. Kompetensi Dasar (KD) yang diangkat dalam E-LKPD ini terdiri atas KD 3 dan 4, KD 3 berisi tentang pengetahuan konsep korosi, faktor-faktor yang mempengaruhi korosi dan gagasan mengenai cara pencegahannya. KD 4 berisi mengenai keterampilan yang harus dimiliki oleh peserta didik yaitu peserta didik dapat mengajukan gagasan untuk mencegah dan mengatasi terjadinya korosi. Halaman ini juga memuat indikator pembelajaran. Indikator pembelajaran berisi tentang penjabaran dari Kompetensi Dasar yang menunjukkan respon peserta didik yang berkaitan dengan kegiatan pembelajaran.

Indikator berisi tentang kegiatan yang dilakukan oleh peserta didik seperti menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi korosi dan mengusulkan

gagasan mengenai cara untuk mencegah korosi. Pada saat penyusunan halaman standar kompetensi terdapat tambahan dan koreksi dari dosen pembimbing di antaranya adalah warna hijau yang dipilih untuk kotak penulisan standar kompetensi dipilih sesuai dengan warna latar belakang E-LKPD yaitu hijau.

Tambahan kedua adalah mengenai indikator pembelajaran yang akan dicapai yaitu pada indikator 3.5.1. Indikator yang pertama pengembang tambahkan adalah "mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya korosi". Kegiatan mengidentifikasi dalam taksonomi bloom hanya pada tahap pemahaman C2 sedangkan KD 3.5 berbunyi "menganalisis faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya korosi dan cara mencegahnya". Kegiatan menganalisis dalam taksonomi bloom masuk pada tahap pemahaman C3, sehingga kegiatan mengidentifikasi dinilai kurang tepat digunakan sebagai indikator pembelajaran yang harus dicapai pada KD 3.5.

4) Halaman Tujuan Pembelajaran



Sebelum Revisi Setelah Revisi

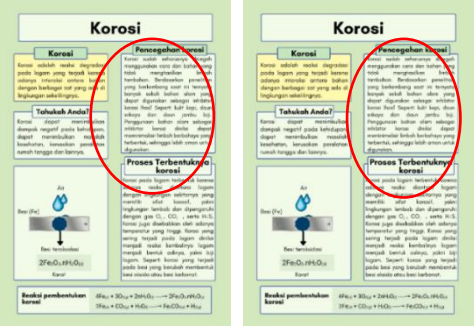
Gambar 4.18 Revisi Halaman Tujuan Pembelajaran

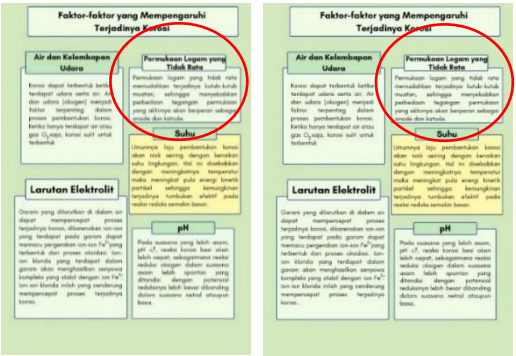
Gambar 4.18 merupakan halaman tujuan pembelajaran yang telah direvisi. Tujuan pembelajaran berisi berisi pernyataan operasional dari Kompetensi Dasar yang akan dicapai dalam kegiatan pembelajaran. Pada saat penyusunan halaman standar kompetensi terdapat tambahan dan koreksi dari dosen pembimbing di antaranya adalah warna latar belakang tulisan harus lebih terang. Warna untuk kotak penulisan standar kompetensi dipilih sesuai dengan warna latar belakang E-LKPD yaitu hijau. Warna latar belakang didominasi warna hijau karena hijau

merupakan warna yang identik dengan alam (Arsyad, 2009)

Tambahan kedua dari dosen pembimbing adalah mengenai isi dari tujuan pembelajaran. Pengembang pada awalnya hanya menambahkan satu tujuan pembelajaran yang telah mencakup semua kegiatan, kemudian koreksi dari dosen pembimbing untuk menambahi dan sedikit merubah tujuan pembelajaran yang telah ditambahkan. Pembimbing memberikan masukan jika membuat tujuan pembelajaran dikembangkan berdasarkan indikator yang akan dicapai dan memenuhi syarat dalam membuat tujuan pembelajaran lainnya seperti memuat *audience*, *behavior*, *condition* dan *degree* (ABCD).

5) Halaman Materi





Sebelum Revisi Setelah Revisi

Gambar 4.19 *Revisi Halaman Materi*

Gambar 4.20 *Tambahan Halaman Materi*

Gambar 4.19 dan 4.20 merupakan gambar halaman materi yang berisi mengenai materi pokok korosi dan pencegahannya yang telah direvisi. Materi yang dimasukkan didasarkan pada KI yang diturunkan menjadi KD dijabarkan dalam indikator (IPK) dan kemudian dituangkan dalam tujuan yang harus dicapai dalam kegiatan pembelajaran. Sub materi korosi dan pencegahannya disusun dan diintegrasikan dengan prinsip *green chemistry*. Materi diintegrasikan dengan prinsip-prinsip *green chemistry* diharapkan dapat meningkatkan sikap peduli lingkungan peserta didik (Najih, 2019).

Materi yang disajikan juga didahului dengan pengenalan dan pertanyaan terlebih dahulu. Penambahan apersepsi dan pertanyaan diharapkan dapat menciptakan suasana interaktif dalam kegiatan belajar (Zulyadaini, 2017). Apersepsi atau pengenalan yang ditambahkan berhubungan dengan peristiwa-peristiwa korosi yang terjadi dalam kehidupan sehari-hari peserta didik, hal tersebut diharapkan dapat

membantu peserta didik dalam memahami materi. Pada saat menyusun halaman materi terdapat masukan dari dosen pembimbing untuk lebih mengintegrasikan materi dengan prinsip *green chemistry* yang akan dipelajari, tidak hanya mengenalkan prinsip-prinsip *green chemistry* saja tanpa diintegrasikan dengan materi.

Dosen pembimbing juga menambahkan untuk menambahkan halaman penyebab korosi dan limbah korosi untuk bahan diskusi peserta didik. Penambahan halaman diskusi tersebut bertujuan untuk membantu peserta didik aktif ketika kegiatan pembelajaran, sehingga terbentuk kegiatan pembelajaran yang interaktif. Tambahan lain dari dosen pembimbing adalah untuk menambahkan halaman inhibitor korosi organik dan anorganik untuk membantu peserta didik memahami jenis-jenis inhibitor korosi berdasarkan asal diperolehnya. Dosen pembimbing juga menambahkan untuk memberikan materi yang singkat dan jelas, kata-kata yang dipilih lebih baku dan tidak

menimbulkan banyak makna atau multitafsir sehingga dapat membantu peserta didik dalam memahami materi (Gabriella dan Sugiarto, 2020).

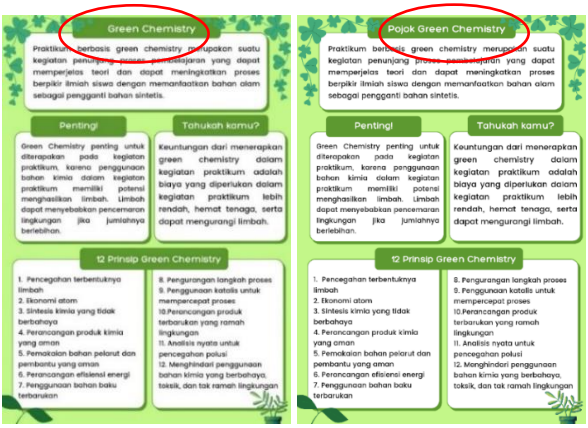
6) Halaman Diskusi

Gambar 4.21 *Halaman Diskusi*

Gambar 4.21 merupakan halaman diskusi yang dapat menuntun peserta didik untuk mengusulkan gagasan mengenai inhibitor organik yang ramah lingkungan. Penambahan halaman diskusi diharapkan dapat membantu peserta didik mencapai KD 4.5, dimana peserta didik dapat mengusulkan gagasan mengenai cara untuk mencegah

korosi. Peserta didik diharapkan dapat melatih keterampilan menyampaikan pendapat di hadapan teman-teman sebayanya. Penambahan halaman inhibitor korosi organik ini juga disesuaikan dengan tambahan dari dosen pembimbing. Pembimbing memberikan masukan untuk memberikan pertanyaan yang berhubungan dengan kehidupan sehari ini. Penambahan pertanyaan ini bertujuan untuk membantu peserta didik menyampaikan pendapat dan memiliki gambaran mengenai materi yang akan dipelajari selanjutnya.

7) Halaman Pojok *Green Chemistry*



Sebelum Revisi Setelah Revisi

Gambar 4.22 *Revisi Halaman Pojok Green Chemistry*

Gambar 4.22 merupakan halaman pojok *green chemistry* yang telah direvisi. Halaman pojok green chemistry berisi pengertian praktikum berbasis *green chemistry*, pentingnya menerapkan *green chemistry* dalam praktikum kimia, keuntungan menerapkan prinsip-prinsip *green chemistry* dalam kegiatan praktikum dan 12 prinsip *green chemistry*. Penambahan halaman pojok green chemistry ini diharapkan dapat memberikan informasi tambahan bagi peserta didik sehingga dapat membantu peserta didik dapat dalam memahami green chemistry dan dapat menekankan peserta didik memahami praktikum yang lebih aman serta ramah lingkungan.

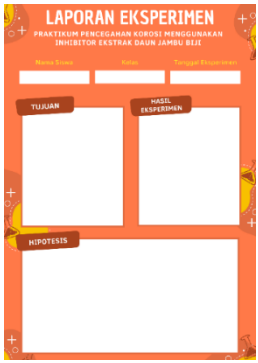
Awalnya halaman pojok *green chemistry* ini hanya berjudul '*Green Chemistry*', kemudian mendapatkan koreksi dari dosen pembimbing untuk menambahi kata 'Pojok' karena tujuan awal membuat halaman ini sebagai informasi tambahan bagi peserta didik. Dosen pembimbing menyampaikan jika E-LKPD berbasis *green chemistry* artinya

materi yang dijabarkan dalam E-LKPD diintegrasikan dengan prinsip *green chemistry* tidak hanya menambahkan sub pokok materi tentang *green chemistry* saja tanpa diintegrasikan dengan materi.

8) Halaman Praktikum Pencegahan Korosi

Sebelum Revisi Setelah Revisi

Gambar 4.23 *Revisi Halaman Praktikum Pencegahan Korosi*



Gambar 4.24 *Tambahan Halaman Laporan Eksperimen*

Gambar 4.23 dan 4.24 merupakan halaman praktikum pencegahan korosi yang telah direvisi. Halaman praktikum pencegahan korosi ini berisi tujuan praktikum, mari bereksperimen yang berisi video praktikum pencegahan korosi berbasis *green chemistry* dan laporan praktikum. Video praktikum yang ditambahkan pada halaman praktikum ini merupakan video praktikum mengenai pencegahan korosi dengan memanfaatkan bahan alami seperti daun jambu biji. Daun jambu biji diolah (diberikan perlakuan sedemikian rupa) untuk diambil ekstraknya. Ekstrak daun jambu biji yang diperoleh akan digunakan sebagai inhibitor korosi organik. Tujuan dari praktikum ini adalah mengetahui cara pencegahan korosi pada paku menggunakan ekstrak daun jambu biji (*Psidium guajava linn*).

Pengembangan praktikum ini diharapkan dapat menuntun peserta didik untuk mencapai KD 4.5 yaitu dapat mengajukan gagasan mengenai cara pencegahan korosi yang lebih ramah

lingkungan. Selanjutnya pada halaman laporan eksperimen berisi beberapa pertanyaan yang harus diisi oleh peserta didik diantaranya adalah tujuan praktikum, hasil praktikum dan hipotesis dari peserta didik. Penambahan halaman laporan eksperimen ini memiliki tujuan membantu peserta didik mengembangkan keterampilan berpikir ilmiah yang dimiliki (Meliala dkk, 2019). Penambahan halaman laporan eksperimen ini juga disesuaikan dengan tambahan dari dosen pembimbing untuk menambahkan halaman hasil pengamatan.

9) Halaman Lembar Kegiatan

Gambar 4.25 *Halaman Lembar Kegiatan*

Gambar 4.25 merupakan halaman lembar kegiatan yang berisi mengenai pertanyaan yang berkaitan dengan praktikum. Pada lembar kegiatan ini peserta didik dituntun untuk menyimpulkan hasil dari praktikum yang telah disimak sebelumnya. Kegiatan menyimpulkan ini diawali dengan beberapa pertanyaan yang dapat mengajak peserta didik berpikir lebih matang sampai pada tahap menyimpulkan (Sudiati, 2015).

Penambahan lembar kegiatan menyimpulkan diharapkan dapat membantu peserta didik dalam memahami materi dari awal sampai akhir dan melatih keterampilan menyampaikan pendapat peserta didik. Penambahan halaman lembar kegiatan ini disesuaikan dengan masukan dari dosen pembimbing. Dosen pembimbing memberikan masukan untuk menambahkan beberapa pertanyaan yang dapat menuntun peserta didik membuat kesimpulan dari materi yang telah dipelajari secara mandiri pada kegiatan penutup pembelajaran.

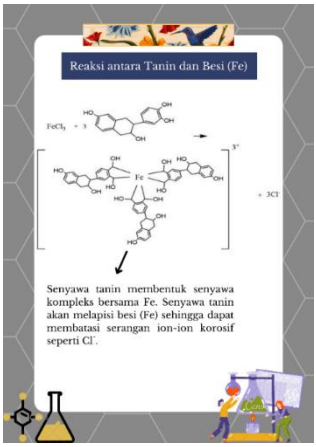
10) Halaman Animasi Pencegahan Korosi

Gambar 4.26 *Halaman Animasi Pencegahan Korosi*

Gambar 4.26 merupakan halaman animasi pencegahan korosi. Halaman ini berisi video mengenai cara kerja ekstrak daun jambu biji dalam melindungi paku dari serangan ion korosif Cl^- yang berasal dari garam dapur (NaCl) yang dilarutkan. Penambahan animasi dalam E-LKPD ini diharapkan dapat membantu peserta didik memahami cara kerja inhibitor dalam mencegah korosi secara visual. Hal ini sesuai dengan Mardhiya dkk (2020) bahwa video efektif digunakan untuk menyampaikan

pesan dan isi materi pelajaran serta dapat memberikan stimulan kepada peserta didik untuk memahami materi dengan baik. Halaman animasi pencegahan korosi ini juga disesuaikan dengan masukan dari dosen pembimbing, dosen pembimbing menyampaikan untuk memberikan animasi mengenai cara kerja dari inhibitor korosi organik dari ekstrak daun jambu biji. Penambahan animasi dinilai dapat membantu memvisualkan teori yang masih abstrak sehingga peserta didik dapat memahami materi dengan baik (Yudianto, 2017).

11) Halaman Reaksi Antara Tanin dan Besi



Gambar 4.27 *Reaksi Tanin dan Besi (Fe)*

Gambar 4.27 merupakan halaman yang berisi reaksi antara tanin dan besi. Penambahan halaman ini hanya sebatas sebagai informasi tambahan bagi peserta didik. Halaman ini tidak terlalu ditekankan untuk dipelajari oleh peserta didik, hanya sebatas membantu peserta didik mengetahui struktur senyawa tanin yang digunakan sebagai inhibitor dan reaksinya dengan besi untuk mencegah korosi. Pada tahap perancangan E-LKPD dosen pembimbing memberikan masukan untuk memberikan halaman reaksi antara tanin dan besi ini. Tujuan dari penambahan halaman ini adalah untuk membantu peserta didik memahami bahasa simbolik dari reaksi yang terjadi pada proses pencegahan korosi menggunakan ekstrak daun jambu biji (*Psidium guajava linn*).

3. *Develop* (Pengembangan)

Tahap pengembangan bertujuan untuk membuat bahan ajar. Tahapan ini juga berisi perbaikan produk yang didasarkan pada masukan para ahli materi ataupun

media. Thiagarajan dkk (1974) membagi tahap pengembangan menjadi dua kegiatan, yaitu:

a. *Expert Appraisal*

Expert appraisal adalah tahapan validasi atau mengevaluasi dan penilaian kelayakan suatu desain produk. Kegiatan validasi dan penilaian dilakukan oleh para ahli dibidangnya. Masukan yang ditambahkankan oleh validator digunakan untuk memperbaiki desain dari bahan ajar. Tahapan validasi oleh ahli dilanjutkan dengan revisi.

b. *Developmental Testing*

Developmental testing adalah tahapan menguji cobakan desain produk pada target yang sebenarnya. Pada titik pengujian ini, data yang dicari adalah tanggapan atau komentar pengguna. Hasil dari kegiatan uji coba dipakai untuk memperbaiki produk.

B. Hasil Uji Coba Produk

Uji coba produk E-LKPD dilakukan pada tahap *develop* (pengembangan). Tujuan dari tahap ini adalah untuk memperbaiki produk yang didasarkan pada masukan para ahli materi ataupun media. Thiagarajan dkk (1974) membagi tahap pengembangan dalam dua kegiatan yaitu:

1. *Expert Appraisal*

Expert appraisal adalah tahapan validasi atau mengevaluasi dan penilaian kelayakan suatu desain produk. Kegiatan validasi dan penilaian dilakukan oleh para ahli dibidangnya. Masukan yang ditambahkankan oleh validator digunakan untuk memperbaiki bahan ajar. Tahapan validasi perangkat oleh pakar ahli materi dan media dilanjutkan dengan revisi sampai produk yang dikembangkan layak digunakan untuk uji coba terbatas pada peserta didik.

Validator ahli materi adalah dosen Pendidikan Kimia UIN Walisongo Semarang dan pendidik kimia yang berkompeten pada bidang materi Reaksi Redoks dan Elektrokimia sub bab korosi dan pencegahannya. Validator materi diantaranya adalah Ibu Dr. Sri Mulyanti, M.Pd. (Validator materi I), Ibu Resi Pratiwi, M.Pd. (Validator materi II), dan Bapak Mahbub Alwathoni, M.Si. (Validator materi III). Sedangkan validator media adalah dosen Pendidikan Kimia UIN Walisongo Semarang yang berkompeten dalam bidang Teknologi Informasi yaitu Ibu Mar'attus Solihah, M.Pd. (Validator IV).

Penilaian produk E-LKPD oleh validator ahli materi dan media didasarkan pada lembar validasi

yang telah disusun oleh peneliti terdiri atas indikator komponen yang dinilai. Lembar validasi yang disusun oleh peneliti telah diberikan masukan dan disetujui oleh dosen pembimbing. Tahap validasi produk oleh validator diawali dengan diberikan saran dan masukan untuk perbaikan terlebih dahulu. Tahap pengembangan produk E-LKPD kemudian dilanjutkan dengan tahap validasi oleh validator ahli. Hasil validasi secara keseluruhan berdasarkan penilaian dari Validator ahli materi dan ahli media berdasarkan rumus yang diadaptasi dari Widoyoko (2016) adalah yang ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 *Hasil Validasi Secara Keseluruhan*

No	Validator	Nilai X	Keterangan
1.	Validator I	4,5	Sangat Valid
2.	Validator II	3,8	Valid
3.	Validator III	4,5	Sangat Valid
4.	Validator IV	4,07	Valid

Hasil validasi ahli materi diperoleh nilai sebesar 4,27 yang berada pada rentang kategori sangat valid. Hasil validasi ahli media diperoleh nilai 4,07 termasuk valid didasarkan pada kriteria kevalidan yang diadaptasi dari Widoyoko (2016) ditunjukkan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 *Kriteria Kevalidan*

No	Rentang Skor	Skor	Kriteria Validasi
1.	X > $\bar{x}$ + 1,8 Sbi	>4,2 – 5,0	Sangat Valid
2.	$\bar{x}$ + 0,6 Sbi < X ≤ $\bar{x}$ + 1,8 Sbi	>3,4 – 4,2	Valid
3.	$\bar{x}$ – 0,6 Sbi < X ≤ $\bar{x}$ + 0,6 Sbi	>2,6 – 3,4	Cukup Valid
4.	$\bar{x}$ – 1,8 Sbi < X ≤ $\bar{x}$ – 0,6 Sbi	>1,8 – 2,6	Tidak Valid
5.	X ≤ $\bar{x}$ - 1,8 Sbi	≤ 1,8	Sangat Tidak Valid

Hasil validasi dari validator ahli materi menunjukkan jika produk E-LKPD termasuk dalam kriteria sangat valid dari segi materi dan integrasi prinsip *green chemistry*. Hasil validasi ahli media menunjukkan jika produk E-LKPD yang dikembangkan oleh peneliti dinyatakan termasuk dalam kategori valid dari segi media pembelajaran. Hal ini menunjukkan jika produk E-LKPD dapat digunakan sebagai bahan ajar untuk tahap uji coba terbatas pada peserta didik. Perhitungan lebih lengkap terdapat pada Lampiran 15.

2. *Developmental Testing*

Developmental testing adalah tahapan menguji cobakan desain produk pada target yang sebenarnya. Pada titik pengujian ini, data yang dicari adalah tanggapan atau komentar pengguna. Hasil dari kegiatan uji coba dipakai untuk memperbaiki produk.

Produk E-LKPD kemudian diujikan kembali sampai memperoleh hasil yang efektif. Uji coba produk dilakukan di MAN 2 Grobogan kelas XII MIPA 1, 2 dan 3. Uji coba dilakukan secara terbatas yaitu uji coba awal (*initial developmental testing*) kepada 36 peserta didik yang dipilih secara random. Peserta didik yang terpilih dalam uji coba kelompok *initial developmental testing* mewakili setiap kelas XII MIPA 1, 2 dan 3. Kegiatan uji coba kelompok *initial developmental testing* ini bertujuan untuk mengetahui tanggapan dan komentar peserta didik mengenai produk yang dikembangkan, jika masih terdapat kekurangan dalam produk sesuai dengan penilaian peserta didik kemudian akan direvisi oleh peneliti.

Kegiatan uji coba pada kelompok kecil dilakukan dengan menggunakan *WhatsApp* dan *google formulir*. Peserta didik pada kelompok uji coba *initial developmental testing* diberikan link E-LKPD yang dapat diakses secara online melalui *google*. Selanjutnya peserta didik membuka dan mempelajari produk E-LKPD tersebut sekaligus sebagai tahap pengenalan awal produk E-LKPD. Peserta didik dalam kelompok uji coba sudah pernah mendapatkan materi mengenai korosi dan pencegahannya pada pertemuan

sebelumnya. Peserta didik dinilai sudah cukup memahami sub materi korosi dan pencegahannya. Tahap selanjutnya peserta didik diberikan link *google formulir* untuk mengisi angket respon tentang produk E-LKPD. Angket berisi tentang penilaian peserta didik terhadap produk dan terdapat kotak saran untuk perbaikan produk E-LKPD. Hasil angket secara keseluruhan diperoleh nilai sebesar 4,6 yang berada pada rentang kategori sangat praktis untuk digunakan, didasarkan pada kriteria kepraktisan yang diadaptasi dari Widoyoko (2016) ditunjukkan pada Tabel 3.2.

Hasil tersebut diperoleh karena peserta didik merasa materi yang disajikan dalam E-LKPD cukup mudah untuk dipahami, menggunakan bahasa yang sederhana dan pembahasannya singkat serta jelas. Peserta didik juga menilai jika penyajian dari E-LKPD cukup menarik, mudah digunakan dan dapat menyingkat waktu pembelajaran. Peserta didik merasa senang untuk menggunakan E-LKPD ketika belajar sub pokok materi korosi dan pencegahannya. Peserta didik juga termotivasi untuk belajar dan membaca lebih karena dalam E-LKPD banyak kegiatan diskusi dan kotak “tahukah kamu” yang dapat memancing peserta didik untuk lebih aktif lagi. Seluruh peserta didik setuju

jika E-LKPD digunakan dalam kegiatan pembelajaran pada sub pokok materi korosi dan pencegahannya, bahkan 20 dari 36 responden pada kelompok uji coba *initial developmental testing* sangat setuju jika E-LKPD digunakan dalam kegiatan pembelajaran. Hasil angket respon peserta didik diperoleh nilai sebesar 4,6 yang berada pada rentang kategori sangat praktis untuk digunakan menurut peserta didik, didasarkan pada kriteria kepraktisan yang diadaptasi dari Widoyoko (2016) ditunjukkan pada Tabel 3.2.

C. Revisi Produk Bahan Ajar E-LKPD

Penyusunan produk E-LKPD mendapatkan saran dan masukan perbaikan dari validator ahli materi dan media pembelajaran sebagai berikut:

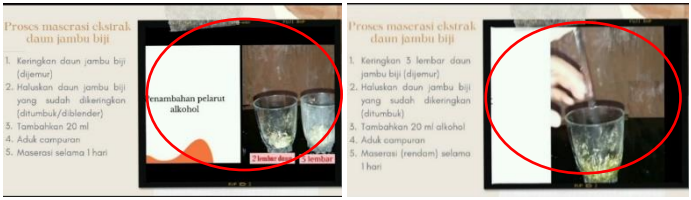
1. Validator Ahli Materi I
   a. Perbaikan pada video, video awal menampilkan 2 macam percobaan (variasi jumlah daun), diperbaiki menjadi 1 macam percobaan (diambil praktikum yang paling efektif).
   b. Perbaikan kata pada judul "Konsep *Green Chemistry* dalam Inhibitor Korosi Organik" menjadi "Integrasi Prinsip *Green Chemistry* dalam Inhibitor Korosi Organik".
   c. Plagiarisme produk $\leq 25\%$

2. Validator Ahli Materi II
    a. Penambahan video faktor-faktor yang mempengaruhi korosi.
    b. Penambahan kegiatan praktikum mandiri.
    c. Penambahan gambar pada halaman faktor-faktor yang mempengaruhi korosi dan pencegahan korosi.
    d. Lembar diskusi diberikan tempat tersendiri untuk mengisi secara online
3. Validator Ahli Materi III
    a. Perbaikan warna latar pada beberapa halaman warna latar sangat penting untuk memperjelas tulisan (materi) yang disampaikan
4. Validator Ahli Media
    a. Perbaikan pada cover (keseimbangan setiap komponen dalam cover).
    b. Penambahan identitas E-LKPD.
    c. Penambahan kata pengantar.
    d. Penambahan daftar isi.
    e. Penambahan petunjuk penggunaan media dan isi E-LKPD.
    f. Perbaikan pada kata “Tahukah Anda” menjadi “Tahukah Kamu” supaya lebih konsisten.

g. Perbaikan desain atau latar belakang E-LKPD (harus konsisten).
h. Perbaikan warna latar belakang dan jenis huruf yang digunakan (harus konsisten).
i. Perbaikan pada tanda panah dalam reaksi yang patah
j. Perbaikan pada halaman diskusi, desain yang dipilih harus seimbang dalam semua bagian, tidak boleh ada bagian yang terisi penuh tetapi bagian lainnya kosong.
k. Perbaikan pada penulisan istilah asing (harus miring).
l. Perbaikan kata alami dalam kalimat "inhibitor korosi alami" menjadi kata organik "inhibitor korosi organik" (konsisten).
m. Video ilustrasi pencegahan korosi diperbesar.
n. Halaman pojok *green chemistry* diletakkan di awal sebagai tahap pengenalan.
o. Penambahan sitasi dan daftar pustaka.
p. Perbaikan halaman laporan eksperimen lebih dilengkapi.
q. Perbaikan pada video praktikum, beberapa video dan gambar sedikit terpotong.
r. Penambahan cover belakang.

Berdasarkan masukan dari validator ahli materi dan media pembelajaran selanjutnya peneliti melakukan revisi pada E-LKPD, perbaikan produk E-LKPD sebagai berikut:

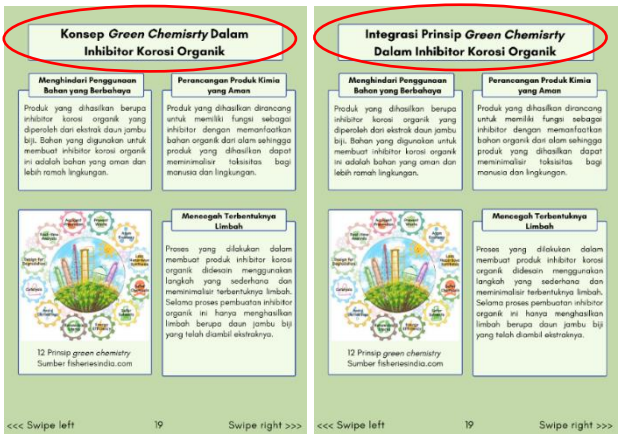
1. Perbaikan pada video, video awal menampilkan 2 macam percobaan (variasi jumlah daun), diperbaiki menjadi 1 macam percobaan (diambil praktikum yang paling efektif). Berikut adalah tampilan video sebelum diperbaiki dan setelah diperbaiki, ditunjukkan pada Gambar 4.28.



Sebelum Revisi Setelah Revisi

Gambar 4.28 *Revisi Video*

2. Perbaikan kata pada judul "Konsep *Green Chemistry* dalam Inhibitor Korosi Organik" mejadi "Integrasi Prinsip *Green Chemistry* dalam Inhibitor Korosi Organik". Tampilan halaman Integrasi Prinsip *Green Chemistry* dalam Inhibitor Korosi Organik sebelum dan setelah direvisi ditunjukkan pada Gambar 4.29.



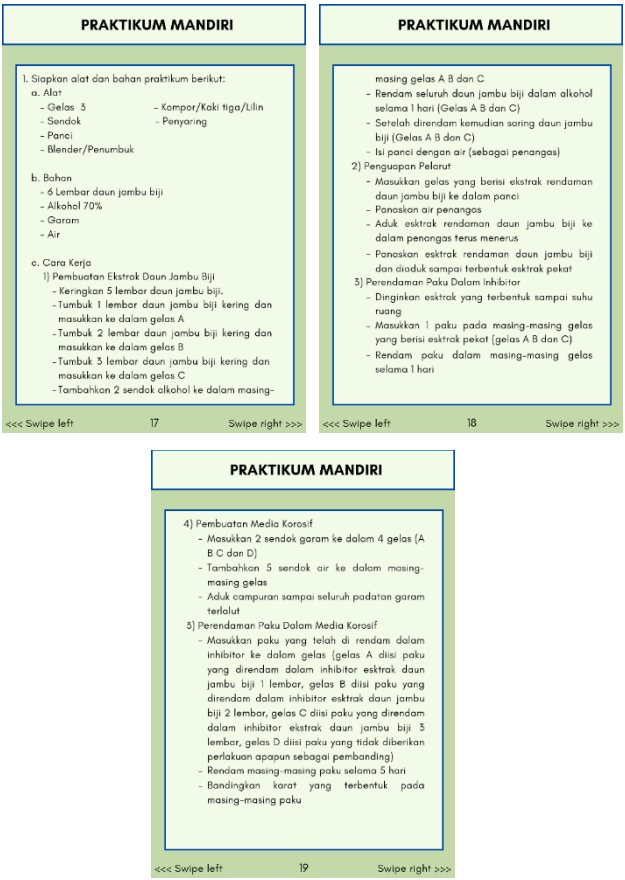
Gambar 4.29 *Revisi Halaman Integrasi Prinsip Green Chemistry*

3. Plagiarisme produk harus $\leq$ 25%, produk E-LKPD yang dikembangkan oleh peneliti memiliki nilai plagiarisme 30% pada saat dicek turnitin. Validator memberikan masukan untuk memparafrase materi yang disajikan supaya tingkat plagiarismenya rendah. Hal ini dilakukan karena peneliti mengembangkan sebuah produk sendiri sehingga tidak boleh meniru tulisan orang lain dan terhindar dari hal-hal yang tidak diinginkan. Setelah dilakukan revisi berupa parafrase materi, tingkat plagiasi produk E-LKPD turun menjadi 25%.
4. Penambahan video faktor-faktor yang mempengaruhi korosi. Penambahan video faktor-faktor yang

mempengaruhi korosi disesuaikan dengan tujuan pembelajaran yaitu melalui kegiatan menyimak video dan penggunaan E-LKPD peserta didik diharapkan dapat menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya korosi dengan benar. Video faktor-faktor yang mempengaruhi korosi ditambahkan bertujuan untuk membantu peserta didik menemukan materi yang lebih untuk kegiatan diskusi. Tampilan halaman video faktor-faktor yang mempengaruhi korosi ditunjukkan pada Gambar 4.30.

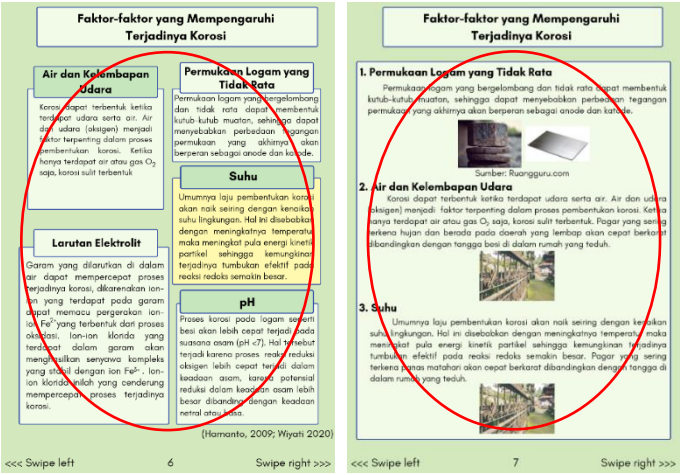
Gambar 4.30 *Halaman Video Faktor Yang Mempengaruhi Korosi*

5. Penambahan kegiatan praktikum mandiri. Penambahan kegiatan praktikum mandiri dalam E-LKPD bertujuan untuk membantu mengembangkan kemampuan berfikir ilmiah peserta didik (Domin, 2007). Tampilan halaman kegiatan praktikum mandiri ditunjukkan pada Gambar 4.31.



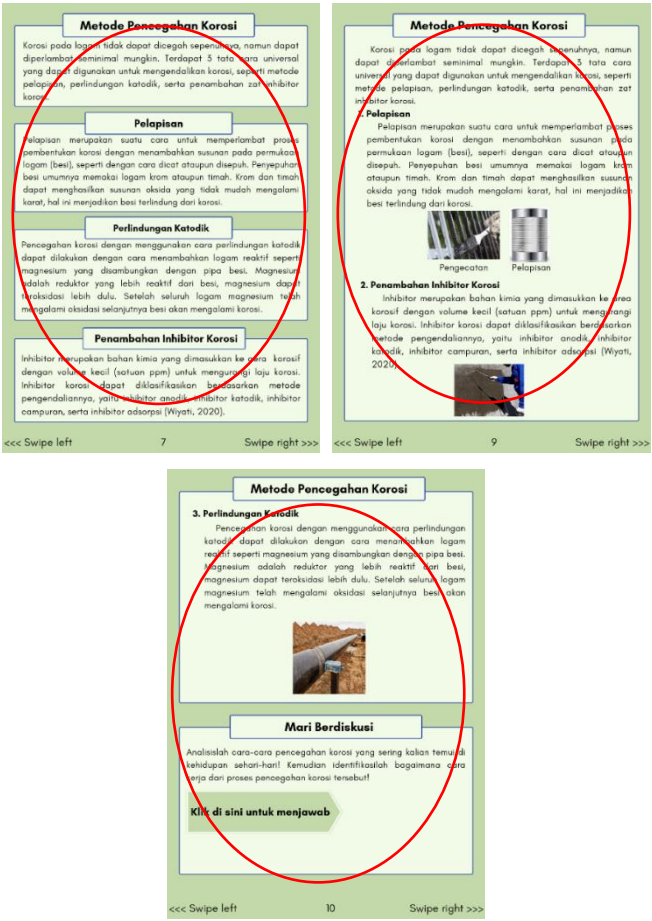
Gambar 4.31 *Halaman Praktikum Mandiri*

6. Penambahan gambar pada halaman faktor-faktor yang mempengaruhi korosi dan pencegahan korosi. Penambahan gambar memiliki tujuan untuk membantu memvisualkan teori-teori yang masih bersifat abstrak, sehingga penambahan gambar diharapkan dapat menuntun peserta didik memahami materi dengan baik (Prastowo, 2012). Tampilan gambar dalam halaman faktor-faktor yang mempengaruhi korosi dan pencegahan korosi ditunjukkan pada Gambar 4.32 sampai 4.33.



Sebelum Revisi Setelah Revisi

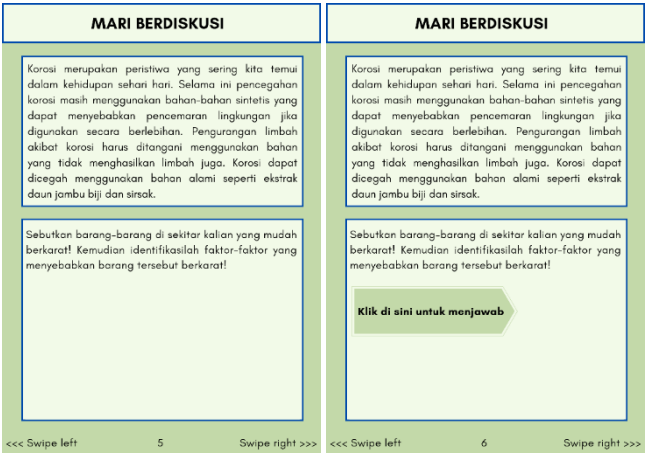
Gambar 4.32 *Revisi Halaman Faktor yang Mempengaruhi Korosi*



Gambar 4.33 *Revisi Halaman Pencegahan Korosi*

7. Lembar diskusi diberikan tempat tersendiri untuk mengisi secara *online*. Penambahan tempat untuk menjawab lembar diskusi bertujuan untuk memudahkan peserta didik berdiskusi ketika kegiatan

pembelajaran dilaksanakan secara *blended*. Tempat yang disediakan untuk menulis jawaban hasil diskusi adalah *google document*, setiap peserta didik dapat menuliskan jawaban hasil diskusi kelompok. Cara mengakses *google document* adalah dengan mengeklik tulisan "klik di sini untuk menjawab", dan secara otomatis *google document* akan terbuka. Tampilan halaman diskusi sebelum dan setelah direvisi ditunjukkan pada Gambar 4.34.

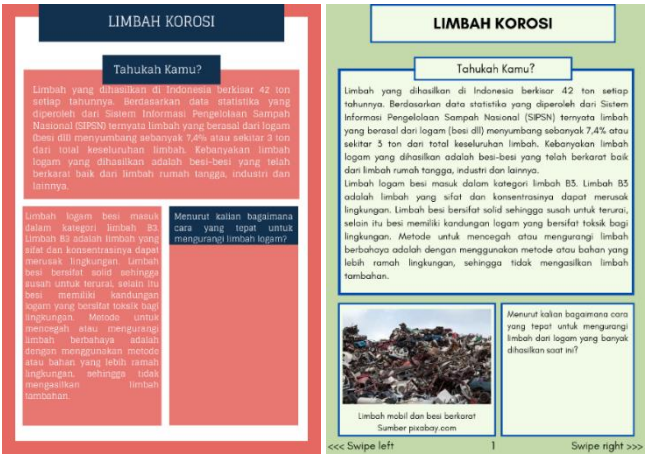


Sebelum Revisi Setelah Revisi

Gambar 4.34 *Revisi Halaman Diskusi*

8. Perbaikan warna latar pada beberapa halaman warna latar sangat penting untuk memperjelas tulisan (materi) yang disampaikan. Warna yang dipilih kurang terang dan kurang serasi, sedangkan warna huruf yang

dipilih juga kurang sesuai, sehingga tulisan tidak terlalu jelas. Tampilan halaman sebelum dan setelah diperbaiki warna latarnya ditunjukkan pada Gambar 4.35.



Sebelum Revisi Setelah Revisi

Gambar 4.35 *Revisi Halaman*

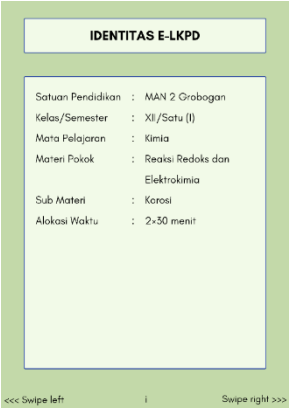
9. Perbaikan pada cover (keseimbangan setiap komponen dalam cover). Penambahan tulisan dan gambar dinilai masih kurang seimbang pada setiap bagiannya. Penambahan 3 gambar mulai dari gambar yang berukuran besar menjadi semakin kecil dinilai kurang tepat. Keseimbangan komponen setiap bagian dan keterangan kegunaan E-LKPD untuk jenjang sekolah juga masih kurang jelas, sehingga perlu ditambahkan keterangan jenjang SMA/MA. Tampilan

halaman cover depan sebelum dan setelah revisi ditunjukkan pada Gambar 4.36.

Sebelum Revisi Setelah Revisi

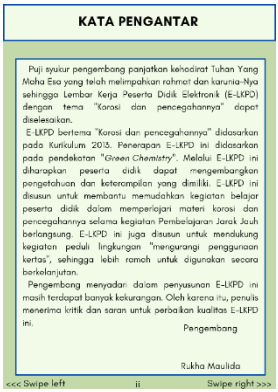
Gambar 4.36 *Revisi Halaman Sampul*

10. Penambahan identitas E-LKPD. Identitas E-LKPD berisi satuan pendidikan, kelas, mata pelajaran, materi yang akan dipelajari dan alokasi waktu. Penambahan halaman identitas E-LKPD dinilai cukup penting supaya identitasnya lebih jelas. Jelas dari segi kegunaan dan waktu. Tampilan identitas E-LKPD ditunjukkan pada Gambar 4.37.



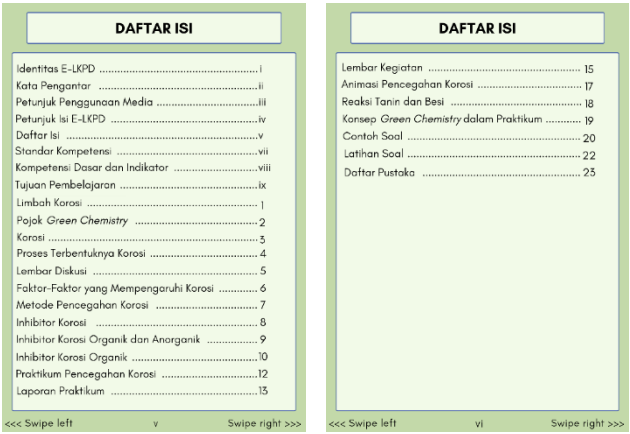
Gambar 4.37 *Halaman Identitas E-LKPD*

11. Penambahan kata pengantar, penambahan kata pengantar bertujuan untuk mengantarkan pembaca kepada uraian materi yang tedapat dalam E-LKPD. Kata pengantar juga disertai dengan tujuan pembuatan E-LKPD. Tampilan kata pengantar ditunjukkan pada Gambar 4.38.



Gambar 4.38 *Halaman Kata Pengantar*

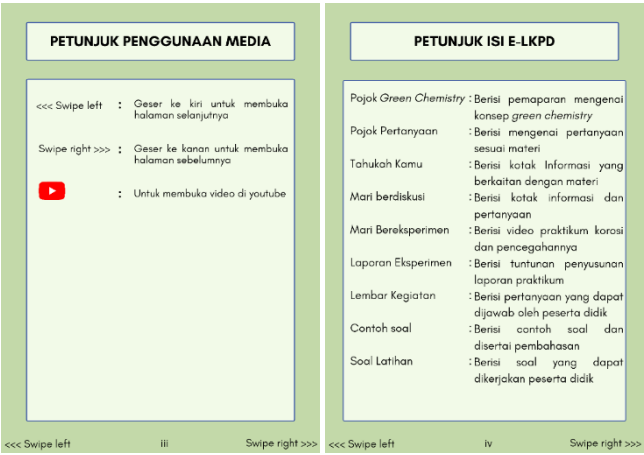
12. Penambahan daftar isi, penambahan daftar isi bertujuan untuk memudahkan pembaca membuka halaman tertentu yang ingin dituju berdasarkan bab, sub bab atau bagian lainnya. Tampilan daftar isi ditunjukkan pada Gambar 4.39.



Gambar 4.39 *Halaman Daftar Isi*

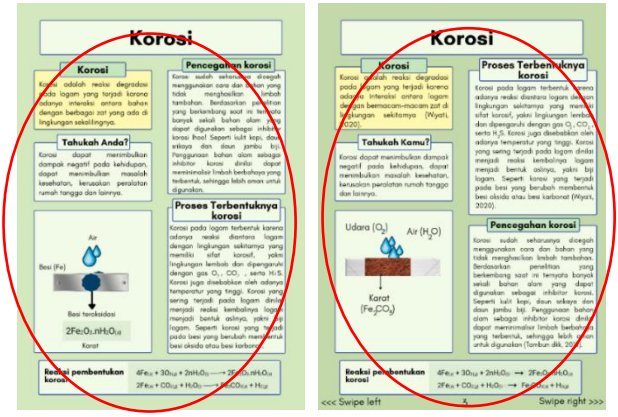
13. Penambahan petunjuk penggunaan media dan isi E-LKPD, penambahan petunjuk penggunaan media bertujuan untuk membantu memudahkan pembaca dalam menggunakan produk yang dikembangkan, menunjukkan fitur-fitur tertentu yang ada dalam E-LKPD. Penambahan petunjuk isi bertujuan untuk menunjukkan beberapa kegiatan tertentu yang menarik dalam E-LKPD kepada pembaca. Tampilan

petunjuk penggunaan media dan isi E-LKPD ditunjukkan pada Gambar 4.40.



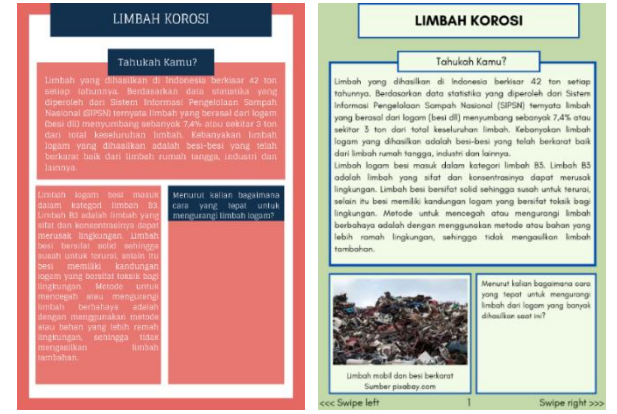
Gambar 4.40 *Halaman Petunjuk Penggunaan Media dan Isi*

14. Perbaikan pada kata “Tahukah Anda” menjadi “Tahukah Kamu” supaya lebih konsisten. Penulisan yang konsisten dapat membantu memudahkan pembaca menemukan bagian-bagian tertentu seperti pojok pertanyaam “Tahukan Kamu” tersebut. Tampilan halaman sebelum dan setelah revisi ditunjukkan pada Gambar 4.41.

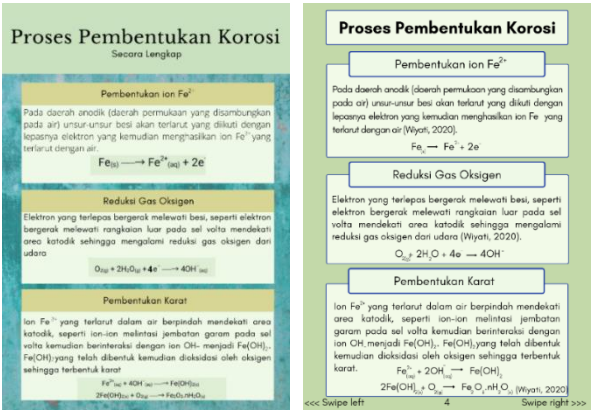


Gambar 4.41 *Revisi Halaman Materi Korosi*

15. Perbaikan desain atau latar belakang E-LKPD dan jenis huruf yang digunakan (harus konsisten). Desain dan warna latar belakang dan huruf harus konsisten pada seluruh halaman E-LKPD. Tampilan halaman E-LKPD sebelum dan setelah direvisi ditunjukkan pada Gambar 4.42.



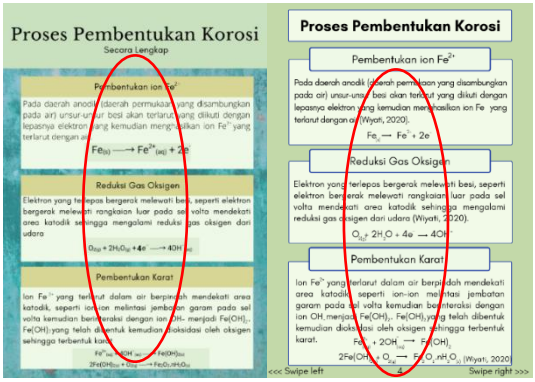
Sebelum Revisi Setelah Revisi



Sebelum Revisi Setelah Revisi

Gambar 4.42 *Revisi Halaman Materi*

16. Perbaikan pada tanda panah dalam reaksi yang patah. Tanda panah yang digunakan untuk menulis reaksi tidak boleh patah. Tampilan halaman sebelum dan setelah direvisi ditunjukkan pada Gambar 4.43.



Sebelum Revisi Setelah Revisi

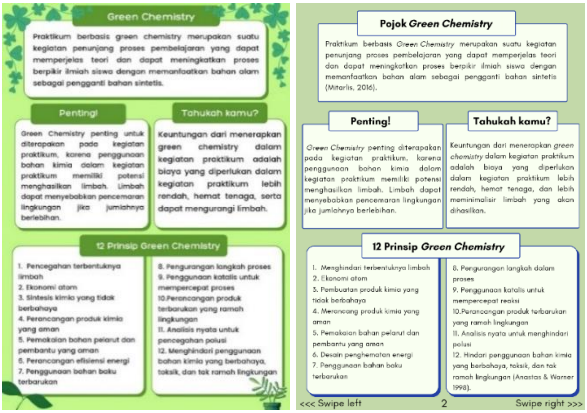
Gambar 4.43 Revisi Halaman Materi

17. Perbaikan pada halaman diskusi, desain yang dipilih harus seimbang dalam semua bagian, tidak boleh ada bagian yang terisi penuh tetapi bagian lainnya kosong. Tampilan halaman sebelum dan setelah direvisi ditunjukkan pada Gambar 4.44.

Sebelum Revisi Setelah Revisi

Gambar 4.44 *Revisi Halaman Limbah Korosi*

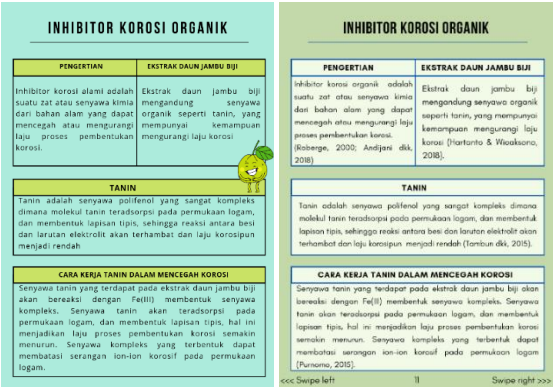
18. Perbaikan pada penulisan istilah asing (harus miring). Sesuai dengan aturan penulisan istilah atau bahasa asing seperti *green chemistry* dan lainnya, penulisan kata tersebut harus miring. Tampilan halaman sebelum dan setelah direvisi ditunjukkan pada Gambar 4.45.



Sebelum Revisi Setelah Revisi

Gambar 4.45 *Revisi Halaman Pojok Green Chemistry*

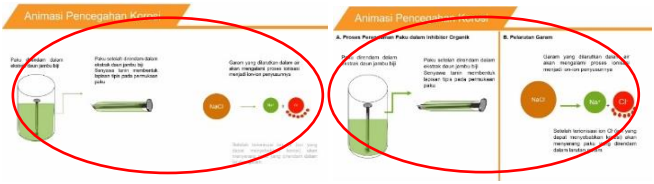
19. Perbaikan kata alami dalam kalimat "inhibitor korosi alami" menjadi kata organik "inhibitor korosi organik", penggunaan kata harus konsisten. Tampilan halaman sebelum dan setelah direvisi ditunjukkan pada Gambar 4.46.



Sebelum Revisi *Setelah Revisi*

Gambar 4.46 *Revisi Halaman Inhibitor Korosi*

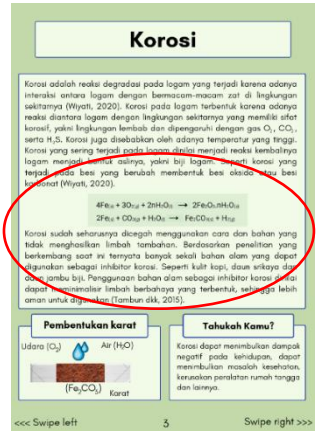
20. Video ilustrasi pencegahan korosi diperbesar. Beberapa komponen dalam video ilustrasi pencegahan korosi ukurannya terlalu kecil, sehingga kurang kelihatan. Validator menyarankan untuk memperbesar beberapa komponen dalam video yang dinilai terlalu kecil. Tampilan video sebelum dan setelah direvisi ditunjukkan pada Gambar 4.47.



Sebelum Revisi Setelah Revisi

Gambar 4.47 *Revisi Video*

21. Penambahan sitasi dan daftar pustaka. Penambahan sitasi dan daftar pustaka bertujuan untuk menghindari tindakan plagiarisme dan menghargai karya seseorang. Penambahan sitasi dan daftar pustaka juga dapat membantu memudahkan pembaca untuk menemukan sumber asli atau primer dari tulisan tersebut jika pembaca ingin mempelajari materi lebih lanjut. Tampilan penambahan sitasi dan daftar pustaka ditunjukkan pada Gambar 4.48.



Gambar 4.48 *Halaman Penambahan Sitasi dan Daftar Pustaka*

22. Perbaikan halaman laporan eksperimen lebih dilengkapi. Penulisan laporan praktikum yang lengkap dan sesuai dengan panduan penyusunan karya ilmiah dapat membantu peserta didik mengembangkan keterampilan berpikir ilmiah yang dimiliki

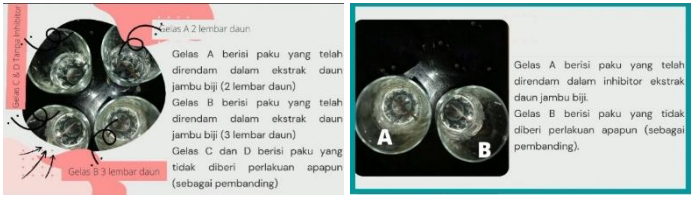
(Kholifahtus dan Wardoyo, 2021). Perbaikan juga dilakukan untuk memperbaiki desain dan warna latar sama seperti halaman lain. Tampilan laporan praktikum sebelum dan setelah direvisi ditunjukkan pada Gambar 4.49.

Sebelum Revisi Setelah Revisi

Gambar 4.49 *Revisi Laporan Praktikum*

23. Perbaikan pada video praktikum, beberapa video dan gambar sedikit terpotong. Perbaikan dilakukan pada bagian video yang gambar atau videonya terpotong. Perbaikan dilakukan untuk memperjelas video percobaan yang sedang dilakukan. Perbaikan lainnya juga dilakukan pada desain video yang digunakan, supaya tidak terlalu penuh dengan tulisan dan animasi-

animasi lain. Tampilan video sebelum dan setelah direvisi ditunjukkan pada Gambar 4.50.



Sebelum Revisi Setelah Revisi

Gambar 4.50 *Revisi Video*

24. Penambahan cover belakang, cover belakang berisi tentang informasi dari pengembang E-LKPD. Tampilan cover belakang ditunjukkan pada Gambar 4.51.

Gambar 4.51 *Halaman Cover Belakang*

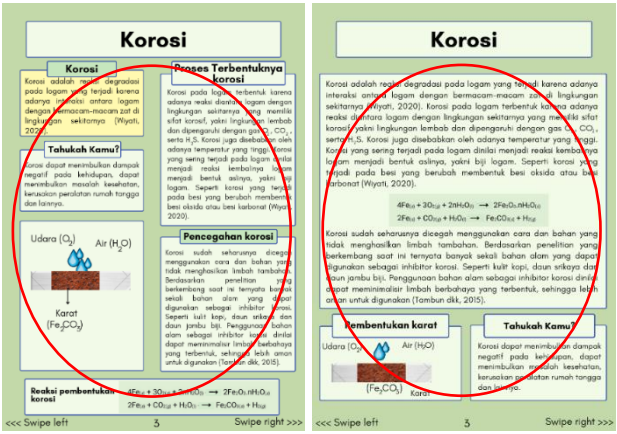
Tanggapan dan masukan yang diberikan oleh peserta didik kelompok uji coba *initial developmental testing* mengenai E-LKPD yang dikembangkan, serta perbaikan produk E-LKPD berdasarkan saran dan masukan dari peserta didik, sebagai berikut:

1. Baik tidak membosankan, berdasarkan komentar peserta didik pertama produk E-LKPD yang dikembangkan sudah baik dan tidak membosankan. Hal tersebut berarti produk E-LKPD sudah tidak perlu ada perbaikan lagi menurut peserta didik pertama.
2. Lebih baik jika menjelaskan kata 'maserasi' yang ada dalam video. Video awal pada langkah-langkah praktikum penulis hanya menuliskan kalimat "maserasi selama 1 hari" kemudian peneliti revisi menjadi "maserasi (rendam) selama 1 hari". Tampilan video sebelum dan setelah revisi ditunjukkan pada Gambar 4.52.

Sebelum Revisi Setelah Revisi

Gambar 4.52 *Revisi Video*

3. Menarik dan jelas, berdasarkan komentar peserta didik ketiga produk E-LKPD yang dikembangkan menarik dan jelas. Hal tersebut berarti produk E-LKPD sudah tidak perlu ada perbaikan lagi menurut peserta didik ketiga.
4. Beberapa template kurang sesuai dengan selera saya. Berdasarkan komentar peserta didik keempat peneliti tidak melakukan revisi banyak, hanya merapikan beberapa template saja. Hal tersebut dikarenakan peserta didik tidak menyebutkan secara spesifik template pada halaman berapa dan kekurangannya apa.
5. Karena menggunakan HP jadi tulisannya kurang besar. Berdasarkan komentar peserta didik kelima peneliti kemudian memperbaiki beberapa huruf yang ukurannya terlalu kecil. Huruf sebelum direvisi memiliki ukuran 15-16 pt, setelah diperbaiki peneliti menggunakan ukuran huruf 18-20 pt. Tampilan huruf sebelum dan setelah direvisi ditunjukkan pada Gambar 4.53.



Sebelum Revisi Setelah Revisi

Gambar 4.53 *Revisi Halaman Materi Korosi*

6. Soal mudah dipahami berdasarkan komentar peserta didik keenam produk E-LKPD yang dikembangkan menarik dan jelas. Hal tersebut berarti produk E-LKPD sudah tidak perlu ada perbaikan lagi menurut peserta didik keenam.
7. Bagus dan bermanfaat, berdasarkan komentar peserta didik ketujuh produk E-LKPD yang dikembangkan sudah bagus serta memiliki manfaat. Hal tersebut berarti produk E-LKPD sudah tidak perlu ada perbaikan lagi menurut peserta didik ketujuh.
8. Menurut saya sudah dijelaskan secara rinci dan mudah untuk dipahami, komentar peserta didik kedelapan produk E-LKPD yang dikembangkan sudah memiliki

penjelasan yang rinci serta mudah untuk dipahami. Hal tersebut berarti produk E-LKPD sudah tidak perlu ada perbaikan lagi menurut peserta didik kedelapan.

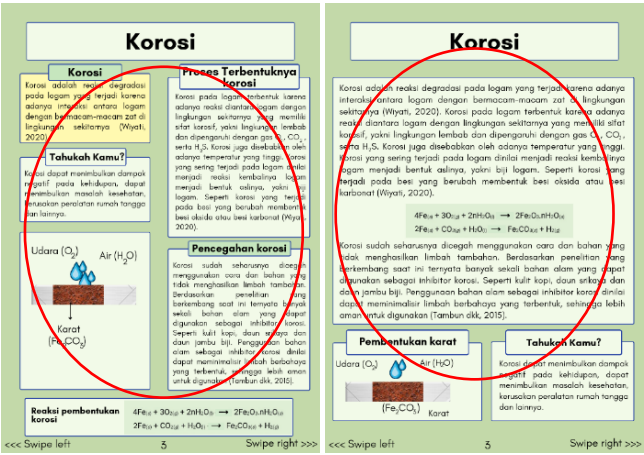
9. Semoga selalu lancar, peserta didik kesembilan tidak memberikan komentar atau saran terkait E-LKPD yang dikembangkan oleh peneliti. Hal tersebut berarti produk E-LKPD sudah tidak perlu ada perbaikan lagi menurut peserta didik kesembilan.
10. Ya, semoga lebih baik, peserta didik kesepuluh tidak memberikan komentar atau saran terkait E-LKPD yang dikembangkan oleh peneliti. Hal tersebut berarti produk E-LKPD sudah tidak perlu ada perbaikan lagi menurut peserta didik kesepuluh.
11. Baik dan tidak membosankan, komentar peserta didik kesebelas produk E-LKPD yang dikembangkan sudah baik dan tidak membosankan ketika digunakan. Hal tersebut berarti produk E-LKPD sudah tidak perlu ada perbaikan lagi menurut peserta didik kesebelas.
12. Lebih diperjelas, berdasarkan komentar peserta didik kedua belas peneliti tidak melakukan perbaikan, karena peserta didik keenam tidak memberikan penjelasan yang jelas terhadap bagian yang harus lebih ‘diperjelas’ lagi. Peneliti tidak mengetahui bagian yang dimaksud oleh peserta didik kedua belas.

13. Mudah dipahami, komentar dari peserta didik ketiga belas materi yang disajikan dalam produk E-LKPD mudah untuk dipahami. Hal tersebut berarti produk E-LKPD sudah tidak perlu ada perbaikan lagi menurut peserta didik ketiga belas.
14. Menurut saya hampir keseluruhan mudah dipahami, komentar dari peserta didik keempat belas materi yang disajikan dalam produk E-LKPD mudah untuk dipahami. Hal tersebut berarti produk E-LKPD sudah tidak perlu ada perbaikan lagi menurut peserta didik keempat belas.
15. Tidak ada komentar, sudah cukup baik dan mudah dipahami. Komentar peserta didik kelima belas produk E-LKPD yang dikembangkan sudah cukup baik dan materi yang disajikan juga mudah untuk dipahami. Hal tersebut berarti produk E-LKPD sudah tidak perlu ada perbaikan lagi menurut peserta didik kelima belas.
16. Tidak ada sudah bagus, komentar peserta didik keenam belas produk E-LKPD yang dikembangkan secara keseluruhan sudah bagus. Hal tersebut berarti produk E-LKPD sudah tidak perlu ada perbaikan lagi menurut peserta didik keenam belas.
17. Peserta didik keyujuh belas tidak menuliskan komentar apapun. Hal tersebut berarti produk E-LKPD

sudah tidak perlu ada perbaikan lagi menurut peserta didik ketujuh belas.

18. Peserta didik kedelapan belas tidak menuliskan komentar apapun. Hal tersebut berarti produk E-LKPD sudah tidak perlu ada perbaikan lagi menurut peserta didik kedelapan belas.
19. E-LKPD adalah sarana untuk membantu mempermudah kegiatan belajar mengajar. Peserta didik kesembilan belas tidak memberikan komentar berkaitan saran perbaikan untuk E-LKPD. Hal tersebut berarti produk E-LKPD sudah tidak perlu ada perbaikan lagi menurut peserta didik kesembilan belas.
20. Peserta didik kedua puluh tidak menuliskan komentar apapun. Hal tersebut berarti produk E-LKPD sudah tidak perlu ada perbaikan lagi menurut peserta didik kedua puluh.
21. Animasi bagus, komentar peserta didik ke-21 animasi yang disajikan dalam produk E-LKPD sudah bagus. Peserta didik ke-21 tidak memberikan saran atau masukan apapun untuk perbaikan produk E-LKPD. Hal tersebut berarti produk E-LKPD sudah tidak perlu ada perbaikan lagi menurut peserta didik ke-21.

22. Peserta didik ke-22 tidak menuliskan komentar apapun. Hal tersebut berarti produk E-LKPD sudah tidak perlu ada perbaikan lagi menurut peserta didik ke-22.
23. Peserta didik ke-23 tidak menuliskan komentar apapun. Hal tersebut berarti produk E-LKPD sudah tidak perlu ada perbaikan lagi menurut peserta didik ke-23.
24. Tulisan terlalu kecil, karena saya menggunakan HP. Berdasarkan komentar dari peserta didik ke-24, jika menggunakan HP tulisan dalam E-LKPD kecil. Tampilan E-LKPD sebelum dan setelah direvisi ditunjukkan pada Gambar 4.54.



Sebelum Revisi Setelah Revisi

Gambar 4.54 *Revisi Halaman Materi Korosi*

25. Lebih luas mencari materi-materi, berdasarkan komentar peserta didik ke-25, lebih luas mencari materi, tetapi peserta didik tidak menyampaikan secara spesifik materi apa yang harus diperluas. Hasil penilaian validator ahli materi menyatakan bahwa materi yang dipaparkan sudah cukup sehingga peneliti tidak menambahkan materi lagi, karena saran dari peserta didik masih kurang jelas.
26. Peserta didik ke-26 tidak menuliskan komentar apapun. Hal tersebut berarti produk E-LKPD sudah tidak perlu ada perbaikan lagi menurut peserta didik ke-26.
27. Memudahkan peserta didik untuk memahami, komentar peserta didik ke-27 produk E-LKPD membantu memudahkan peserta didik untuk memahami sub pokok materi korosi dan pencegahannya. Hal tersebut berarti produk E-LKPD sudah tidak perlu ada perbaikan lagi menurut peserta didik ke-27.
28. Sudah bagus, komentar dari peserta didik ke-28 secara keseluruhan produk E-LKPD yang dikembangkan sudah bagus. Hal tersebut berarti produk E-LKPD sudah tidak perlu ada perbaikan lagi menurut peserta didik ke-28.

29. Bagus, saya jadi lebih tahu mengenai bahan-bahan yang ramah lingkungan tetapi dapat digunakan untuk mencegah korosi. Komentar peserta didik ke-29 secara keseluruhan produk E-LKPD yang dikembangakan sudah bagus dan dapat memberikan informasi tambahan mengenai bahan alam yang dapat digunakan untuk mencegah korosi. Hal tersebut berarti produk E-LKPD sudah tidak perlu ada perbaikan lagi menurut peserta didik ke-29.
30. Tidak ada komentar, peserta didik ketiga puluh tidak memiliki komentar untuk produk E-LKPD yang dikembangkan. Hal tersebut berarti produk E-LKPD sudah tidak perlu ada perbaikan lagi menurut peserta didik ketiga puluh.
31. Materi yang di*share* harap disertai penjelasan, komentar peserta didik ke-31 bahwa materi yang ditambahkan harus disertai penjelasan, untuk seluruh materi yang dipaparkan dalam E-LKPD sudah diberikan penjelasan sesuai dengan materi. Komentar dari peserta didik ke-31 masih kurang jelas, pada bagian materi apa yang harus diberikan penjelasan. Berdasarkan hal tersebut peneliti tidak melakukan perbaikan karena didasarkan pada penilaian dari

validator ahli materi bahwa materi yang disajikan sudah cukup.

32. Harap ditambah gambar dan animasi. Produk E-LKPD yang dikembangkan telah dilengkapi dengan gambar dan animasi yang sudah cukup didasarkan pada penilaian validator ahli materi dan media. Komentar dari peserta didik ke-32 masih kurang jelas, gambar dan animasi pada sub materi apa yang harus ditambah.
33. Menurut saya E-LKPD lebih baik disajikan gambar dan animasi, supaya lebih mudah memahami. Produk E-LKPD yang dikembangkan telah dilengkapi dengan gambar dan animasi yang sudah cukup didasarkan pada penilaian validator ahli materi dan media. Komentar dari peserta didik ke-33 masih kurang jelas, gambar dan animasi pada sub materi apa yang harus ditambah.
34. Belum ada, sudah baik, peserta didik ke-34 belum memiliki komentar untuk produk E-LKPD yang dikembangkan. Menurut peserta didik ke-28 secara keseluruhan produk E-LKPD yang dikembangkan sudah baik. Hal tersebut berarti produk E-LKPD sudah tidak perlu ada perbaikan lagi menurut peserta didik ke-34.

35. Peserta didik ke-35 tidak menuliskan komentar apapun. Hal tersebut berarti produk E-LKPD sudah tidak perlu ada perbaikan lagi menurut peserta didik ke-35.
36. Semoga lancar. Peserta didik ke-36 tidak memberikan komentar berkaitan saran perbaikan untuk E-LKPD. Hal tersebut berarti produk E-LKPD sudah tidak perlu ada perbaikan lagi menurut peserta didik ke-36.

D. Kajian Produk Akhir Bahan Ajar E-LKPD

Produk akhir E-LKPD merupakan hasil dari penelitian dan pengembangan bahan ajar berbasis *green chemistry* yang disajikan dalam bentuk elektronik *flip book* pada sub materi korosi dan pencegahannya. Bahan ajar yang dikembangkan ini disesuaikan dengan pelaksanaan kegiatan pembelajaran di MAN 2 Grobogan yang dilaksanakan secara *blended learning* selama pandemi *Covid-19*. Pengembangan bahan ajar berbasis elektronik ini juga disesuaikan dengan kebutuhan peserta didik yang menyatakan jika masih membutuhkan bahan ajar tambahan dalam bentuk elektronik sebagai sumber belajar yang dapat digunakan untuk belajar di rumah selama kegiatan pembelajaran dilaksanakan secara *online*. Peserta didik menilai jika bahan ajar dalam bentuk elektronik lebih fleksibel untuk digunakan pada saat kegiatan pembelajaran

dilaksanakan secara *online*. E-LKPD juga dapat memudahkan peserta didik belajar mandiri dari rumah, memudahkan pendidik mengelola kegiatan pembelajaran selama PJJ berlangsung, serta dapat menjadikan kegiatan belajar mengajar yang lebih interaktif (Prastowo, 2012; Zulyadaini, 2017).

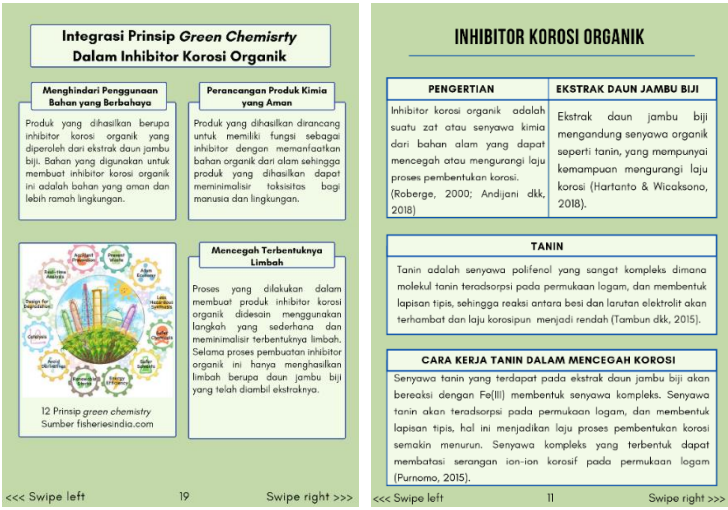
Hasil angket kebutuhan kegiatan praktikum yang ditunjukkan pada Gambar 4.4 menunjukkan bahwa pendidik belum pernah menerapkan kegiatan praktikum pada sub materi korosi dan pencegahannya, sedangkan sebanyak 71% peserta didik membutuhkan kegiatan pembelajaran yang interaktif seperti praktikum dalam mempelajari sub materi korosi dan pencegahannya. Berdasarkan hal tersebut peneliti menambahkan video praktikum pencegahan korosi dalam E-LKPD yang dikembangkan. Video yang ditambahkan adalah video yang dibuat sendiri oleh peneliti dan dapat diakses melalui link berikut https://youtu.be/FX8pEm3ge74. Penambahan video praktikum tersebut juga didasarkan pada Domin (2007) bahwa kegiatan praktikum dapat memperjelas materi yang masih bersifat abstrak sehingga meningkatkan kemampuan berpikir ilmiah peserta didik dan membantu peserta didik memahami. E-LKPD juga dilengkapi dengan kegiatan praktikum mandiri. Kegiatan praktikum mandiri

ditambahkan dalam E-LKPD bertujuan untuk membantu meningkatkan kemampuan berpikir dan bekerja ilmiah peserta didik (Domin, 2007).

Hasil angket kesadaran lingkungan peserta didik yang ditunjukkan pada Gambar 4.6 menunjukkan bahwa peserta didik menilai jika praktikum kimia yang dilakukan di laboratorium selama ini masih menghasilkan limbah yang berbahaya bagi lingkungan. Sebagian besar peserta didik sekarang mengetahui bahwa perlindungan lingkungan itu penting, tetapi semua peserta didik belum mempraktekkan atau menerapkan dalam kehidupan sehari-hari (Gabriella dan Sugiarto, 2020). Hanya 42,8% peserta didik yang sudah mengetahui tentang *green chemistry*, padahal sekarang telah banyak berkembang kegiatan praktikum kimia ramah lingkungan yang sering disebut dengan *green chemistry*.

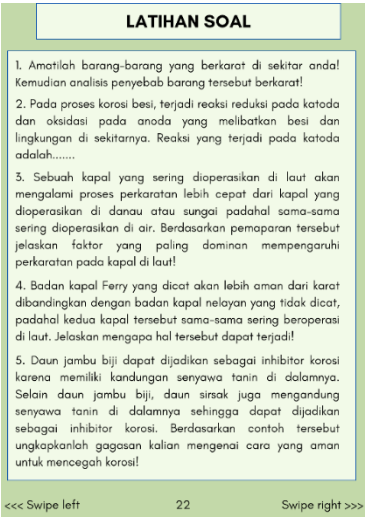
Kegiatan praktikum akan terasa lebih bermakna jika disesuaikan dengan konsep *green chemistry*. Berdasarkan hal tersebut peneliti mengangkat prinsip *green chemistry* untuk diterapkan dalam E-LKPD sub materi korosi dan pencegahannya. Pengintegrasian prinsip *green chemistry* dalam E-LKPD ini bertujuan untuk meningkatkan sikap peduli lingkungan peserta didik. Praktikum yang diterapkan dengan konsep *green chemistry* mampu

meningkatkan motivasi belajar dan sikap peduli lingkungan peserta didik (Najih, 2019). Integrasi prinsip *green chemistry* dalam materi ditunjukkan pada Gambar 4.55.



Gambar 4.55 *Halaman Integrasi Prinsip Green Chemistry dalam Materi*

Latihan soal yang ditambahkan dalam produk bahan ajar E-LKPD dikaitkan dengan prinsip *green chemistry* yang terdiri atas 5 soal *essay* untuk membantu melatih kemampuan berpikir kritis peserta didik. Hal tersebut sesuai dengan Zubaidah dkk (2018) yang menyampaikan bahwa dengan mengerjakan tes *essay* dapat melatih kemampuan berpikir kritis peserta didik. Tampilan halaman latihan soal ditunjukkan pada Gambar 4.56.



LATIHAN SOAL

1. Amatilah barang-barang yang berkarat di sekitar anda! Kemudian analisis penyebab barang tersebut berkarat!

2. Pada proses korosi besi, terjadi reaksi reduksi pada katoda dan oksidasi pada anoda yang melibatkan besi dan lingkungan di sekitarnya. Reaksi yang terjadi pada katoda adalah.....

3. Sebuah kapal yang sering dioperasikan di laut akan mengalami proses perkaratan lebih cepat dari kapal yang dioperasikan di danau atau sungai padahal sama-sama sering dioperasikan di air. Berdasarkan pemaparan tersebut jelaskan faktor yang paling dominan mempengaruhi perkaratan pada kapal di laut!

4. Badan kapal Ferry yang dicat akan lebih aman dari karat dibandingkan dengan badan kapal nelayan yang tidak dicat, padahal kedua kapal tersebut sama-sama sering beroperasi di laut. Jelaskan mengapa hal tersebut dapat terjadi!

5. Daun jambu biji dapat dijadikan sebagai inhibitor korosi karena memiliki kandungan senyawa tanin di dalamnya. Selain daun jambu biji, daun sirsak juga mengandung senyawa tanin di dalamnya sehingga dapat dijadikan sebagai inhibitor korosi. Berdasarkan contoh tersebut ungkapkanlah gagasan kalian mengenai cara yang aman untuk mencegah korosi!

<<< Swipe left 22 Swipe right >>>

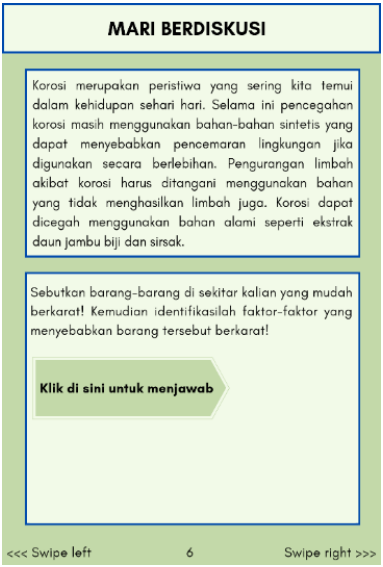
Gambar 4.56 *Halaman Latihan Soal*

Bahan ajar E-LKPD juga disertai dengan lembar diskusi, tujuan penambahan lembar diskusi adalah untuk membantu meningkatkan sikap sosial peserta didik dengan cara bekerja bersama untuk mengerjakan tugas. Peserta didik dituntun untuk mengemukakan pendapat mengenai materi yang akan dipelajari, bertukar pendapat dalam kelompok kecil, sehingga peserta didik dapat menjalin hubungan sosial dengan teman sekelompok. Hal tersebut sejalan dengan Ermi (2015) yang menyatakan bahwa kegiatan diskusi memiliki manfaat di antaranya membantu mempererat hubungan antar peserta didik. Kegiatan diskusi merupakan kegiatan yang menyenangkan sehingga

dapat membantu peserta didik melepaskan ide-ide yang dimiliki dan dapat menambah wawasan karena terdapat kegiatan bertukar pikiran antar peserta didik (Ermi, 2015). Kegiatan diskusi juga dapat membantu peserta didik memahami materi dengan baik, yang dibuktikan dengan hasil dari peserta didik mengerjakan soal yang diberikan dalam E-LKPD. Sebanyak 71,5% peserta didik mampu menjawab dengan benar pertanyaan terkait materi yang dibahas, seperti terlihat pada tabel 4.3. Sesuai dengan Ermi (2015) yang menyatakan bahwa penerapan metode diskusi dapat meningkatkan hasil belajar peserta didik sehingga semua peserta didik dapat menyelesaikan soal dengan baik setelah diberikan informasi kegiatan diskusi yang relevan. Tampilan halaman diskusi ditunjukkan pada Gambar 4.57.

Tabel 4.3 *Persentase Jawaban Peserta Didik*

No	Soal	Jawaban	Persentase
1.	1	Benar	73%
		Salah	27%
2.	2	Benar	70%
		Salah	30%
Rata-rata		Benar	71,5%
		Salah	28,5%



Gambar 4.57 *Halaman Diskusi*

Produk bahan ajar E-LKPD yang dikembangkan oleh peneliti memiliki beberapa karakteristik seperti, 1) bahan ajar disajikan dalam bentuk elektronik *flip book* memuat sub materi korosi dan pencegahannya yang diintegrasikan dengan prinsip-prinsip *green chemistry*; 2) E-LKPD dapat membantu menekankan sikap peduli lingkungan peserta didik; 3) E-LKPD dilengkapi dengan fitur-fitur gambar, video dan animasi untuk membantu memvisualisasikan materi yang masih bersifat abstrak; 4) latihan soal yang diintegrasikan dengan prinsip *green chemistry* dapat membantu menekankan kemampuan berpikir kritis; 5) E-

LKPD dilengkapi dengan video praktikum dan panduan praktikum mandiri yang dapat membantu menekankan kemampuan berpikir ilmiah peserta didik. E-LKPD memiliki beberapa keunggulan dibandingkan LKPD cetak yaitu mudah diakses, berwarna, dan tersedia pembelajaran aktif video. E-LKPD dapat mempersingkat ruang dan waktu sehingga kegiatan belajar mengajar akan lebih efektif. Penerapan E-LKPD juga merupakan cara yang menyenangkan untuk meningkatkan minat belajar peserta didik (Syafitri dan Tressyalina, 2020).

Produk bahan ajar E-LKPD yang dikembangkan oleh peneliti dapat dinyatakan valid untuk digunakan didasarkan pada hasil validasi ahli materi dan media pembelajaran dengan nilai rata-rata skor yang diperoleh sebesar sebesar 4,22 dengan kategori sangat valid. Uji coba pengembangan secara terbatas pada kelompok uji coba *initial developmental testing* memperoleh nilai rata-rata skor yang masuk dalam kategori sangat praktis. Hal sesuai dengan penelitian Safitri, Haryanto & Harizon (2021) yang menyatakan bahwa E-LKPD yang disajikan dalam bentuk elektronik layak dapat digunakan sebagai bahan ajar penunjang untuk pada mata pelajaran kimia saat pandemi *Covid-19*.

E. Keterbatasan Penelitian

Penelitian pengembangan ini telah dilakukan secara optimal dan sesuai dengan metodologi penelitian yang digunakan. Peneliti menyadari bahwa masih terdapat keterbatasan dan kesenjangan dalam penelitian yang telah dilakukan, yaitu:

1. Keterbatasan Tempat Penelitian

   Penelitian dilaksanakan di MAN 2 Grobogan, sehingga hasil penelitian yang disajikan hanya mencakup di lingkungan MAN 2 Grobogan. Penelitian dilakukan secara *online* sehingga peneliti tidak dapat melakukan penelitian secara langsung untuk mengetahui kegiatan pembelajaran di sekolah, dikarenakan kebijakan sekolah yang masih menerapkan kegiatan pembelajaran secara *blended learning* karena pandemi *Covid-19*.

2. Keterbatasan Waktu Penelitian

   Peneliti hanya memiliki waktu penelitian yang terbatas selama fase pengujian produk media yang dikembangkan untuk peserta didik. Hal ini dikarenakan waktu untuk melakukan penelitian berdekatan dengan kegiatan Ujian Madrasah untuk kelas XII, peneliti hanya diberikan waktu untuk

melakukan penelitian sesuai dengan kebutuhan untuk penelitian.

3. Keterbatasan Data dan Variabel Penelitian

Keterbatasan data dalam penelitian ini adalah peneliti tidak melakukan penelitian awal untuk mengetahui pengetahuan dasar peserta didik pada sub materi korosi dan pencegahannya. Keterbatasan lainnya adalah dalam penggunaan variabel dalam penelitian ini. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini hanya untuk mengetahui karakteristik, kelayakan, dan respon peserta didik tentang produk E-LKPD. Peneliti tidak melakukan penelitian untuk mengetahui keefektifan dari produk E-LKPD jika digunakan dalam kegiatan pembelajaran dibandingkan dengan menggunakan variabel (bahan ajar) lainnya.

4. Keterbatasan Kemampuan

Kemampuan peneliti terbatas pada proses penelitian, akan tetapi peneliti tetap berusaha untuk melakukan penelitian yang sesuai dengan kompetensi dan arahan pembimbing. Keterbatasan lain yang peneliti temui berkaitan dengan proses pembuatan produk bahan ajar E-LKPD, sehingga peneliti masih perlu untuk melihat cara pembuatan E-LKPD dalam bentuk *flip book*.

BAB V
SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan tentang Produk

Kesimpulan yang dapat ditarik berdasarkan hasil penelitian adalah sebagai berikut:

1. Produk bahan ajar Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (E-LKPD) berbasis *green chemistry* mempunyai karakteristik seperti 1) bahan ajar disajikan dalam bentuk elektronik *flip book* memuat sub materi korosi dan pencegahannya yang diintegrasikan dengan prinsip-prinsip *green chemistry*; 2) E-LKPD dapat membantu menekankan sikap peduli lingkungan peserta didik; 3) E-LKPD dilengkapi dengan fitur-fitur gambar, video dan animasi untuk membantu memvisualisasikan materi yang masih bersifat abstrak; 4) Latihan soal yang diintegrasikan dengan prinsip *green chemistry* dapat membantu menekankan kemampuan berpikir kritis; 5) E-LKPD dilengkapi dengan video praktikum dan panduan praktikum mandiri yang dapat membantu menekankan kemampuan berpikir ilmiah peserta didik.
2. Produk bahan ajar Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (E-LKPD) berbasis *green chemistry* pada sub materi korosi dan pencegahannya kelas XII yang telah dikembangkan oleh peneliti mendapatkan hasil uji coba

yang menunjukkan bahwa E-LKPD dapat digunakan sebagai bahan ajar berbasis *Green Chemistry* berdasarkan hasil validasi ahli materi dengan nilai rata-rata ($\bar{X}$) 4,27 termasuk kategori sangat valid. Hasil uji validasi ahli media produk E-LKPD memperoleh nilai rata-rata ($\bar{X}$) 4,07 masuk dalam kategori valid dari segi media. Berdasarkan uji coba kepraktisan kepada peserta didik diperoleh nilai rata-rata skor ($\bar{X}$) sebesar 4,6 termasuk kategori sangat praktis menurut peserta didik.

B. Saran Pemanfaatan Produk

Saran pemanfaatan produk bahan ajar E-LKPD berbasis *green chemistry* pada sub materi korosi dan pencegahannya adalah sebagai berikut:

1. Bahan ajar E-LKPD berbasis *green chemistry* masih masih memerlukan tahap pengujian lebih lanjut untuk mengetahui seberapa efektif produk ELKPD.
2. Perlu penelitian lebih lanjut untuk membandingkan variabel lain yang berkaitan dengan penggunaan bahan ajar, hasil belajar peserta didik, prestasi belajar peserta didik, dan lain-lain.

DAFTAR PUSTAKA

Alannasir, W. (2016) 'Pengaruh Penggunaan Media Animasi Dalam Pembelajaran Ips', *Journal of EST*, 2(3), pp. 81–90.

Amir dan Parumbuan, M. D. (2018) 'The Development of Teaching Media Video Instructional Book at The Student Courses Technology Education, Faculty of Education University State Makassar', *Indonesian Journal Of Educational Studies (IJES)*, 21(2), pp. 154–162.

Anastas, P. T. dan Warner, J. C. (1998) *Principles of green chemistry. Green chemistry: Theory and practice*. New York: Oxford University Press.

Andijani, D., Kriswarini, R. dan Ajiriyanto, M. K. (2017) 'Pengaruh Korosi Paduan Zrlo-Mo dalam Media NaCl Menggunakan Metode Polarisasi', 23(3), pp. 60–61.

Apriliyanti, W. (2019) 'Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik Berpendekatan STEM pada Materi Koloid untuk Meningkatkan Kreativitas Siswa', *Yumpu*, pp. 1–51.

Arsyad, A. (2009) *Media Pembelajaran*. Jakarta: Rineka Cipta.

Arywiantari, D., Agung, A. A. G. & Tastra, I. D. K. (2015) 'Pengembangan Multimedia Interaktif Model 4d Pada Pembelajaran Ipa Di Smp Negeri 3 Singaraja', *Jurusan Teknologi Pendidikan*, 3(1), pp. 1–12.

Astuti, F. N., Indana, S. & Qosyim, A. (2016) 'Model Pembelajaran Aktif (Active Learning) Untuk Melatihkan Keterampilan Komunikasi Siswa Pada Materi Ekosistem Di Smpn 32 Surabaya', *Jurnal*

Pendidikan Sains, 4(02).

Aubrecht, K. B., dkk. (2015) '*Development and Implementation of a Series of Laboratory Field Trips for Advanced High School Students To Connect Chemistry to Sustainability*', *Journal of Chemical Education*, 92, pp. 631–637. doi: 10.1021/ed500630f.

Aydin, S. (2016) '*An Analysis of the Relationship between High School Students ' Self-efficacy , An Analysis of the Relationship between High School Students ' Self-efficacy , Metacognitive Strategy Use and their Academic Motivation for Learn Biology*', *Journal of Education and Training Studies*, 4(2), pp. 53–59. doi: 10.11114/jets.v4i2.1113.

Beaulne, M. (2009) *Why We Need Green Chemistry*, *healthylegacy.org/healthylegacy/files/whyneedgreenchemistry.pdf.*

Chang, R. (2005) *Konsep-Konsep Inti*. Jakarta: Erlangga

Depdiknas (2008) 'Panduan Pengembangan Bahan Ajar'. Jakarta: Depdiknas

Dewi, P. F. (2010) *Pengembangan Lembar Kerja Siswa (LKS) Interaktif pada Pelajaran Kimia Pokok Bahasan Hidrokarbon di SMA Negeri 5 Palembang*. *Jurnal Sorot*

Djamarah dan Zain (2006) *Strategi belajar mengajar*. Jakarta: Rineka Cipta

Domin, D. S. (2007) '*Students ' perceptions of when conceptual development occurs during laboratory instruction*', *Chemistry Education Research and Practice*, 8(2), pp. 140–152.

Ermi, N. (2015) 'Penggunaan Metode Diskusi untuk Meningkatkan Hasil Belajar Materi Perubahan

Sosial pada Siswa Kelas XII SMA Negeri 4 Pekanbaru', *Jurnal Sorot*, 10(2), pp. 155–168.

Febriansyah, F., dkk. (2021) '*Integrative Science Education and Teaching Activity Journal Developing Electronic Student Worksheet (E-Worksheet) Based Project Using Fliphtml5 to Stimulate Science Process Skills During the Covid-19 Pandemic*', *Integrative Science Education and Teaching Activity Journal*, 2(1), pp. 59–73.

Fibonacci, A., dkk. (2021) 'Pengembangan flip page e-modul kimia berbasis representasi triplet kimia dan kesatuan ilmu untuk pembelajaran online Pengembangan flip page e-modul kimia berbasis representasi triplet kimia dan kesatuan ilmu untuk pembelajaran online', *Journal of Physics*, pp. 1–9. doi: 10.1088/1742-6596/1796/1/012110.

Fitrianawati, M. (2017) 'Peran analisis butir soal guna meningkatkan kualitas butir soal, kompetensi ;p dan hasil belajar peserta didik.', *Jurnal Pendidikan Sekolah Dasar*, 2(9), pp. 282–295.

Gabriella, D. A. dan Sugiarto, A. (2020) 'Kesadaran dan Perilaku Ramah Lingkungan Mahasiswa di Kampus', *Jurnal Ilmu Sosial dan Humaniora*, 9(2), pp. 260–275.

Hartanto, S. dan Wicaksono, M. A. (2018) 'Ekstrak Daun Jambu Biji (Psidium guajava, Linn.) sebagai Inhibitor Korosi pada Baja SS dalam Media 3% NaCl', *Jurnal Teknik Mesin*, 2(1), pp. 7–11.

Herawati, E. P., Gulo, F. & Hartono (2016) 'Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik (Lkpd) Interaktif Untuk Pembelajaran Konsep Mol Di Kelas X Sma', *Jurnal Penelitian Pendidikan Kimia*, 3(2), pp. 168–178.

Hermawan, S., dkk. (2012) 'Penentuan Efisiensi Inhibisi Korosi

Baja Menggunakan Ekstrak Kulit Buah Kakao (Theobroma cacao)', 1(2), pp. 31–33.

Irawan, A. G., Padmadewi, N. & Artini, L. P. (2018) 'Instructional materials development through 4D model', in *SHS Web of Conferences*, pp. 1–4.

Kaltacki, D. dan Oktay, O. (2011) 'A Guided-Inquiry Laboratory Experiment To Reveal Students' Comprehension Of Friction Concept: A Qualitative Study', *Balkan Physics Letters*, 19, pp. 180–190.

Kholifahtus, Y. F. dan Wardoyo, A. A. (2021) 'Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (E-Lkpd) Berbasis Higher Order Thinking Skill (HOTS)', *Jurnal Pendidikan Dasar*, 5(2), pp. 143–151.

Komariyah, S., Deswita, H. & Arcat (2016) 'Pengembangan Lembar Kerja Siswa (Lks) Matematika Berbasis Masalah Untuk Kelas Vii Smp Pada Materi Himpunan', *Jurnal Ilmiah Mahasiswa FKIP Prodi Matematika*, 2(1), pp. 1–8.

Kumar, R. (2019) *Research Methodology a Step-by-step Guide for Beginners*. London: SAGE Publication

Kurniasari, A., Pribowo, F. S. P. & Putra, D. A. (2020) 'Analisis Efektivitas Pelaksanaan Belajar Dari Rumah (Bdr) Selama Pandemi Covid-19', *Jurnal Review Pendidikan Dasar*, 6(3).

Mardhiya, J., Setiowati, H. & Harahap, L. K. (2020) '*Video Project As an Alternative Assessment in Learning Basic Chemistry Courses*', *Journal of The Indonesian Society of Integrated Chemistry*, 12(2), pp. 46–54.

Mardina, D. (2018) *Efektivitas Ekstrak Daun Jambu Biji (Psidium Guajava Linn) Sebagai Inhibitor Pada Baja Karbon St37 Dalam Medium Korosif NaCl 3%*,

Universitas Lampung.

Marks, R. dan Eilks, I. (2009) '*Promoting Scientific Literacy Using a Sociocritical and Problem-Oriented Approach to Chemistry Teaching : Concept , Examples , Experiences Promoting Scientific Literacy Using a Sociocritical and Problem-Oriented Approach to Chemistry Teaching : Concept '*, *International Journal of Environmental & Science Education*, 4(3), pp. 231–245.

Meliala, E. M. B., Ginting, E. M. & Siregar, N. (2019) 'Pengaruh Model Pembelajaran Scientific Inquiry Terhadap Pengetahuan Konseptual Dan Keterampilan Proses Sains Siswa Sma', *Jurnal Pendidikan Fisika*, 8(1), pp. 79–84.

Mitarlis, Yonata, B. dan Hidayah, R. (2016) 'Rancangan Pembelajaran Karakter Sains Berwawasan Green Chemistry Pada Perkuliahan Kimia Dasar Di Jurusan Kimia Fmipa Universitas Negeri Surabaya', in *Prosiding Seminar Nasional Kimia dan Pembelajarannya*, pp. 144–160.

Mulyaningsih, N., Mujiarto, S. & Gyani (2019) 'Pengaruh Daun Jambu Biji Sebagai Inhibitor Korosi Alami Rantai Kapal', *Journal of Mechanical Engineering*, 3(1), pp. 36–42.

Mulyanti, S. dan Kadarohman, A. (2020) '*Students attitude towards green chemistry and its application*', in *Journal of Physics: Conference Series*, pp. 1–6. doi: 10.1088/1742-6596/1806/1/012181.

Mulyati, B. (2019) 'Tanin Dapat Dimanfaatkan Sebagai Inhibitor Korosi', *Journal of Industry Electro and Aviation*, 8(1).

Najih, S. K. (2019) 'Penggunaan Pigmen Alami Pada Tenun

Troso Dengan Fiksasi Asam-Basa: Pendekatan Green Chemistry Melalui Project Based Learning', *Jurnal Pendidikan Kimia*, 3(1), pp. 54–64.

Nugroho, A. S. (2013) 'Penerapan Model Pembelajaran Practice Rehearsal Pairs dalam Meningkatkan Aktivitas dan Hasil Belajar IPA kelas V SDN Kebonduren 02 Ponggok Kabupaten Blitar', Journal of Education and Learning, 6(3), pp. 4–11.

Nurbaity (2011) 'Pendekatan Green Chemistry Suatu Inovasi Dalam Pembelajaran Kimia Berwawasan Lingkungan', *Jurnal Riset Pendidikan Kimia*, 1(1), pp. 13–21.

Pambudi, S., Sukardiyono, T. & Surjono, H. D. (2018) '*The Development of Mobile Gamification Learning Application for Web Programming Learning The Development of Mobile Gamification Learning Application for Web Programming Learning*', *Journal of Physics: Conference Series*, pp. 1–7. doi: 10.1088/1742-6596/1140/1/012046.

Paristiowati, M., Zulmanelis & Nurhadi, M. F. (2019) '*Green Chemistry-Based Experiments As The Implementation Of Sustainable Development Values* Green Chemistry-Based Experiments As', *Jurnal Tadris Kimiya*, 4(1), pp. 11–20.

Payudi, dkk. (2017) 'The development of student worksheet assisted by interactive multimedia of photoelectric effect to build science process skills', *International Journal of Science and Applied Science: Conference Series*, 2(1), pp. 273–282. doi: 10.20961/ijsascs.v2i1.16726.

Pokhrel, S. dan Chhetri, R. (2021) '*A Literature Review on Impact of COVID-19 Pandemic on Teaching and*

Learning', *Sage Journal*, 8(1), pp. 133–141. doi: 10.1177/2347631120983481.

Prastowo, A. (2012) 'Panduan Kreatif Membuat Bahan Ajar Inovatif'.

Purnomo, A. (2015) '*Pengaruh variasi konsentrasi inhibitor ekstrak kulit buah kakao (theobroma cacao) terhadap laju korosi pipa baja karbon a53 pada media air laut'*. Jurnal ROTOR 8(1).

Putra, H. B., dkk. (2018) 'Pemanfaatan Ekstrak Kulit Kakao Sebagai Aditif Cat Untuk Pengendalian Laju Korosi Pada Paku Konstruksi Kapal Kayu', *Jurnal Inovtek Polbeng*, 8(1), pp. 52–57.

Putri, A. C. (2019) 'Pengaplikasian Prinsip-Prinsip *Green Chemistry* dalam Pelaksanaan Pembelajaran Kimia sebagai Pendekatan untuk Pencegahan Pencemaran Akibat Bahan-Bahan Kimia dalam Kegiatan Praktikum di Laboratorium', *Journal of Creativity Student*, 2(2), pp. 67–73.

Rahayu, E., Susanto, H. & Yulianti, D. (2011) 'Pembelajaran sains dengan pendekatan keterampilan proses untuk meningkatkan hasil belajar dan kemampuan berpikir kreatif siswa', *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 7, pp. 106–110.

Ramlawati, dkk. (2014) '*The Effect of Electronic Portofolio Assessment Model to Increase of Student's Generic Science Skills in Practical Inorganic Chemistry*', *Journal of Education and Learning*, 8(3), pp. 179–186.

Risna, R., Hasan, M. & Supriatno, S. (2019) 'Penerapan Model Inkuiri Terbimbing Berorientasi *Green Chemistry* Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa Pada Materi Larutan Penyangga', *Jurnal IPA dan*

Pembelajaran IPA, 3(2), pp. 106–118. doi: 10.24815/jipi.v3i2.14726.

Roberge, P. R. (2000) *Handbook of Corrosion Engineering Library of Congress Cataloging-in-Publication Data*. Newyork: McGraw Hill.

Safitri, R., Haryanto & Harizon (2021) 'D*evelopment of PBL-STEM-based E-LKPD to improve students ' science literacy skills on reaction rate materials*', *Jurnal Pendidikan Kimia*, 13(2), pp. 113–129. doi: 10.24114/jpkim.v13i2.26980.

Savitri, J., Firmansyah, A. R. & Wibowo, T. (2018) 'Pengembangan Modul Berbasis Representasi Kimia Pada Materi Asam Basa', *Journal of Educational Chemistry*, 1(6), pp. 11–21.

Schleicher, A. (2020) *The Impact Of Covid-19 On Education*. Perancis: OECD.

Sudarmin (2013) 'Kemampuan Generik Sains Kesadaran Tentang Skala Sebagai Wahana Mengembangkan Praktikum Kimia Organik Berbasis Green Chemistry', *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran*, 20(1), pp. 18–24.

Sudiati (2015) 'Tujuan Penggunaan LKPD', *Universitas Ahmad Dahlan Journal*, 1(6), pp. 45–60.

Sudibyo, E., Naini, A. F. & Sabtiawan, W. B. (2019) '*The Effectiveness Of Student Worksheet To Train Science Process Skills*', *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 4(2), pp. 70–74.

Sugiyo, W., Kusuma, E. & Wahyuni, P. T. (2009) 'Efektivitas Metode Student Centered Learning Yang Berbasis Fun Chemistry Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Kimia Siswa', *Jurnal Inovasi Pendidikan Kimia*, 3(2),

pp. 469–475.

Sugiyono (2015) *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif Dan R&D*. Bandung: Alfabeta.

Sujana, A., dkk. (2014) 'Literasi Kimia Mahasiswa PGSD Dan Guru IPA Sekolah Dasar', *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 3(1), pp. 5–11.

Suroya, Y. F., Sholeh, K. & Rizkiana, S. (2018) 'Peningkatan Keterampilan Menulis Poster Dengan Media Komik Pada Siswa Kelas Viii SMP N 24 Purworejo Tahun Pelajaran 2016/2017', *Surya Bahtera*, 6(50), pp. 122–130.

Syafitri, R. A. dan Tressyalina (2020) '*The Importance of the Student Worksheets of Electronic (E-LKPD) Contextual Teaching and Learning (CTL) in Learning to Write Description Text during Pandemic COVID-19*', in *Advances in Social Science, Education and Humanities Research*, pp. 284–287.

Tambun, R., dkk. (2015) 'Kemampuan Daun Jambu Biji Sebagai Inhibitor Korosi Besi Pada Medium Asam Klorida', pp. 73–78.

Thiagarajan, S., Semmel, D. S. & Semmel, M. I. (1974) *, dkk. (1974). Instructional Development for Training Teachers of Exceptional Children. Washinton DC: National Center for Improvement Educational System.*

Utami, R. (2020) 'Metacognition E-LKPD Development Using 3D Pageflip on Electrolyte and Non-Electrolyte Material', *Jurnal Atlantis Press*, 440, pp. 169–173.

Vasmin, M. E., Syafriati, Y. M. & Sada, M. (2020) 'Analisis Faktor Kesulitan Peserta Didik Dalam Proses Pembelajaran Biologi Pada Implementasi Kurikulum 2013', *Jurnal*

Inovasi Pembelajaran Biologi, 1(2), pp. 14–23.

Vinsiah, R. (2020) 'Modul Kimia Kelas XII', in *Modul Pembelajaran SMA Kimia*. Jakarta: Kemendikbud.

Wahyudi (2016) 'Pengembangan Model Realistic Mathematics Education (RME) dalam Peningkatan Pembelajaran Matematika bagi Mahasiswa Pendidikan Guru Sekolah Dasar', *Jurnal Pedagogik Pendidikan Dasar*, 4(1), pp. 47–57.

Wahyuningsih, A. S. dan Rohmah, J. (2017) 'Pengembangan Modul Praktikum Kimia Dasar Berbasis Green Chemistry Untuk Mahasiswa Calon Guru Ipa', *Jurnal Pena Sains*, 4(1), pp. 43–51.

Wardencki, W., Curylo, J. & Namieoenik, J. (2005) '*Green Chemistry - Current and Future Issues*', *Polish Journal of Environmental Studies*, 14(4), pp. 389–395.

Wicaksono, G. S. dan Zubaidah, E. (2015) 'pengaruh karagenan dan lama perebusan daun sirsak terhadap mutu dan karakteristik jelly drink daun sirsak', *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 3(1), pp. 281–291.

Widoyoko, S. E. P. (2016) *Teknik Penyusunan Instrumen Penelitian*. Yogyakarta: Pustaka Belajar.

Yoyom, Y. (2010) Reduksi- Oksidasi Melalui Model Pembelajaran Kooperatif Tipe-Stad (*Student Teams Achievement Division*) Program Studi Pendidikan Kimia.

Yudianto, A. (2017) 'Penerapan Video Sebagai Media Pembelajaran', dalam *Seminar Nasional Pendidikan 2017*, pp. 234–237.

Zubaidah, S., Corebima, A. & Mistianah (2018) 'Asesmen Berpikir Kritis Terintegrasi Tes Essay A', *Symposium*

on Biologi Education, 0(6), pp. 201–2013.

Zulyadaini (2017) 'A Development of Students '*Worksheet Based on Contextual Teaching and Learning*', *Journal of Mathematics*, 13(1), pp. 30–38. doi: 10.9790/5728-1301033038.

Lampiran 1 Hasil Angket Kebutuhan Peserta Didik

Hasil Angket Kebutuhan Peserta Didik

No	Pertanyaan	Jawaban	Persentase
1.	Apakah anda telah menerima materi reaksi redoks dan elektrokimia?	Sudah	100%
		Belum	0%
2.	Apakah anda antusias dalam mengikuti kegiatan pembelajaran pada materi reaksi redoks dan elektrokimia terutama pada sub bab korosi?	Ya	78,5%
		Tidak	21,5%
3.	Apakah anda mengalami kesulitan mempelajari materi reaksi redoks dan elektrokimia terutama pada sub bab korosi?	Ya	85,7%
		Tidak	14,3%
4.	Apakah anda memiliki buku teks atau buku pegangan lain untuk belajar materi reaksi redoks dan elektrokimia	Ya	21%
		Tidak	79%

	terutama pada sub bab korosi?		
5.	Apakah Guru anda menggunakan bahan ajar khusus untuk membelajarkan konsep korosi? (Misal *powerpoint*, video, modul dll)	Ya	100%
		Tidak	0%
6.	Apakah guru masih menerapkan metode pembelajaran ceramah dan hafalan pada saat mengajar materi reaksi redoks dan elektrokimia terutama pada sub bab korosi?	Ya	100%
		Tidak	0%
7.	Apakah kalian membutuhkan media pembelajaran tambahan untuk belajar materi reaksi redoks dan elektrokimia terutama pada sub bab korosi?	Ya	71%
		Tidak	29%
8.	Apakah anda mengetahui Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (e-LKPD)?	Ya	42,8%
		Tidak	57,2%

9.	Apakah anda membutuhkan media pembelajaran seperti E-LKPD sebagai alat bantuk untuk mempelajari materi Reaksi Redoks dan Elektrokimia terutama pada sub bab Korosi?	Ya	64%
		Tidak	36%
10.	Apakah anda pernah diajak guru anda praktikum tentang pencegahan korosi?	Ya	0%
		Tidak	100%
11.	Apakah anda membutuhkan kegiatan pembelajaran interaktif seperti praktikum pada saat belajar materi reaksi redoks dan elektrokimia terutama pada sub bab korosi?	Ya	71%
		Tidak	29%
12.	Menurut anda apakah praktikum-praktikum yang dilaksanakan pada pelajaran kimia selama ini menyebabkan pencemaran lingkungan?	Ya	100%
		Tidak	0%

13.	Apakah anda mengetahui *green chemistry* atau kimia hijau?	Ya	42,8%
		Tidak	57,2%
14	Menurut anda apakah *green chemistry* penting untuk diterapkan pada kegiatan praktikum kimia di sekolah?	Ya	92,8%
		Tidak	7,2%
15.	Apakah anda setuju jika media seperti Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (e-LKPD) dan praktikum berbasis *green chemistry* diterapkan dalam kegiatan pembelajaran pada materi Reksi Redoks dan Elektrokimia terutama pada sub bab Korosi?	Ya	85,7%
		Tidak	14,3%

Lampiran 2 Kisi-kisi Penilaian Ahli Materi

Kisi-kisi Penilaian Ahli Materi

No.	Aspek	Indikator	Nomor Butir
1.	Isi Materi	Kesesuaian materi dengan Kompetensi Inti (KI) dan Kompetensi Dasar (KD) yang harus dicapai	1
		Ketepatan materi	2
		Kelengkapan materi	3
2.	Penyajian Materi	Teknik penyajian materi	4
		Sistematika penyusunan materi	5
		Mengajak peserta didik aktif dalam proses pembelajaran	6
3.	Bahasa	Kejelasan kalimat	7
		Kesesuaian dengan Kaidah Bahasa Indonesia yang benar	8
		Ketepatan struktur kalimat	9
4.	*Green Chemistry*	Materi berbasis *Green Chemistry*	10

Lampiran 3 Kisi-kisi Penilaian Ahli Media Pembelajaran

Kisi-kisi Penilaian Ahli Media Pembelajaran

No.	Aspek	Indikator	Nomor Butir
1.	Isi	Penyajian materi	1
		Penggunaan kalimat yang tepat	2
		Koherensi dan keruntutan alur pikir	3
2.	Sajian	Teknik penyajian	4
		Pendukung penyajian	5
		Penyajian pembelajaran	6
3.	Manfaat	Meningkatkan motivasi belajar	7
		Kesenangan	8
		Penggunaan	9

Lampiran 4 Kisi-kisi Uji Kepraktisan

Kisi-kisi Uji Kepraktisan

No.	Aspek	Indikator	Nomor Butir
1.	Isi	Penyajian materi	1
		Penggunaan kalimat yang tepat	2
		Koherensi dan keruntutan alur pikir	3
2.	Sajian	Teknik penyajian	4
		Pendukung penyajian	5
		Penyajian pembelajaran	6
3.	Manfaat	Meningkatkan motivasi belajar	7
		Kesenangan	8
		Penggunaan	9

Lampiran 5 Indikator Instrumen Validasi Ahli Materi

Indikator Instrumen Validasi Ahli Materi

No	Komponen	Kriteria	Skor
Kelayakan Isi Materi			
1.	Kesesuaian materi dengan Kompetensi Inti (KI) dan Kompetensi Dasar (KD) yang harus dicapai	a. Tujuan pembelajaran sesuai dengan KI dan KD yang akan dicapai dalam kegiatan pembelajaran b. Materi pelajaran sesuai dengan KI dan KD yang akan dicapai dalam kegiatan pembelajaran c. Materi yang disajikan sesuai dengan KI dan KD pada kurikulum 2013 d. Pertanyaan sesuai dengan KI dan KD yang akan dicapai dalam kegiatan pembelajaran	5
		Mencakup 3 poin dari komponen yang disebutkan di atas	4
		Mencakup 2 poin dari komponen yang disebutkan di atas	3
		Mencakup 1 poin dari komponen yang disebutkan di atas	2
		Tidak mencakup seluruh poin dari komponen yang disebutkan di atas	1
2.	Ketepatan materi	a. Materi yang dipilih tepat dan sesuai dengan materi yang disajikan pada materi	5

		korosi dan pencegahannya. b. Materi yang disajikan sesuai dengan tujuan pembelajaran dan sasaran kurikulum 2013 c. Konsep yang digunakan dalam E-LKPD jelas dan tepat d. Materi yang disajikan jelas dan tidak menimbulkan banyak tafsir	
		Mencakup 3 poin dari komponen yang disebutkan di atas	4
		Mencakup 2 poin dari komponen yang disebutkan di atas	3
		Mencakup 1 poin dari komponen yang disebutkan di atas	2
		Tidak mencakup seluruh poin dari komponen yang disebutkan di atas	1
3.	Kelengkapan materi	a. Materi yang disajikan mencerminkan jabaran yang mendukung pencapaian Kompetensi Dasar (KD) 3.5 dan 4.5 pelajaran kimia kelas XII. b. Materi yang disajikan mencerminkan kebutuhan sekarang dan kebutuhan masa depan c. Terdapat contoh soal dan soal latihan yang kontekstual	5

		d. Seimbang antara kedalaman dan keluasan materi	
		Mencakup 3 poin dari komponen yang disebutkan di atas	4
		Mencakup 2 poin dari komponen yang disebutkan di atas	3
		Mencakup 1 poin dari komponen yang disebutkan di atas	2
		Tidak mencakup seluruh poin dari komponen yang disebutkan di atas	1
Penyajian Materi			
1.	Teknik penyajian materi	a. Materi disajikan secara runtut dan menarik. b. Penggunaan gambar dan ilustrasi lainnya dapat memfalisitasi kegiatan belajar peserta didik c. Penggunaan gambar dan ilustrasi lainnya sesuai dengan perkembangan peserta didik d. Penggunaan gambar dan ilustrasi lainnya dapat membantu peserta didik mendalami materi korosi dan pencegahannya	5
		Mencakup 3 poin dari komponen yang disebutkan di atas	4
		Mencakup 2 poin dari komponen yang disebutkan di atas	3

		Mencakup 1 poin dari komponen yang disebutkan di atas	2
		Tidak mencakup seluruh poin dari komponen yang disebutkan di atas	1
2.	Sistematika penyusunan materi	a. Materi disajikan secara runtut mulai dari yang mudah ke sukar, dari yang sederhana ke kompleks, dari yang dikenal sampai yang belum dikenal. b. Materi bagian sebelumnya dapat membantu pemahaman materi pada bagian selanjutnya. c. Konsep disajikan secara runtut d. Materi disajikan memiliki keterkaitan dengan kegiatan pembelajaran	5
		Mencakup 3 poin dari komponen yang disebutkan di atas	4
		Mencakup 2 poin dari komponen yang disebutkan di atas	3
		Mencakup 1 poin dari komponen yang disebutkan di atas	2
		Tidak mencakup seluruh poin dari komponen yang disebutkan di atas	1
3.	Mengajak peserta didik aktif dalam proses pembelajaran	a. Peserta didik diberikan kesempatan untuk terlibat secara aktif selama kegiatan pembelajaran b. Uraian, latihan atau contoh-contoh kasus yang	5

		disajikan mendorong peserta didik untuk mengerjakannya lebih jauh dan menumbuhkan rasa ingin tahu peserta didik. c. Memuat kegiatan-kegiatan yang variatif untuk mencapai tujuan pembelajaran d. Penyajian materi bersifat interaktif dan partisipatif	
		Mencakup 3 poin dari komponen yang disebutkan di atas	4
		Mencakup 2 poin dari komponen yang disebutkan di atas	3
		Mencakup 1 poin dari komponen yang disebutkan di atas	2
		Tidak mencakup seluruh poin dari komponen yang disebutkan di atas	1
Kebahasaan			
1.	Kejelasan Kalimat	a. Kalimat yang digunakan jelas dan tidak menimbulkan multitafsir b. Kalimat yang disajikan efektif (singkat, tepat dan jelas) c. Koherensi teks dalam kalimat (runtut dan saling terkait antara kalimat) d. Kalimat yang disajikan mudah dipahami oleh peserta didik	5

		Mencakup 3 poin dari komponen yang disebutkan di atas	4
		Mencakup 2 poin dari komponen yang disebutkan di atas	3
		Mencakup 1 poin dari komponen yang disebutkan di atas	2
		Tidak mencakup seluruh poin dari komponen yang disebutkan di atas	1
2.	Kesesuaian dengan Kaidah Bahasa Indonesia yang benar	a. Penulisan setiap kata sesuai dengan Kaidah Bahasa Indonesia yang benar b. Penggunaan bahasa yang jelas c. Ketepatan penggunaan istilah d. Bahasa yang digunakan sesuai dengan tingkat perkembangan peserta didik dan mudah dipahami	5
		Mencakup 3 poin dari komponen yang disebutkan di atas	4
		Mencakup 2 poin dari komponen yang disebutkan di atas	3
		Mencakup 1 poin dari komponen yang disebutkan di atas	2
		Tidak mencakup seluruh poin dari komponen yang disebutkan di atas	1
3.	Ketepatan struktur kalimat	a. Kalimat disusun sesuai dengan susunan struktur kalimat yang tepat.	5

		b. Koherensi teks dalam kalimat (runtut dan saling terkait antara kalimat) c. Kalimat yang digunakan sederhana dan langsung ke sasaran d. Kalimat yang disajikan mudah dipahami oleh peserta didik	
		Mencakup 3 poin dari komponen yang disebutkan di atas	4
		Mencakup 2 poin dari komponen yang disebutkan di atas	3
		Mencakup 1 poin dari komponen yang disebutkan di atas	2
		Tidak mencakup seluruh poin dari komponen yang disebutkan di atas	1
Green Chemistry			
1.	Materi berbasis *Green Chemistry*	a. Materi yang disajikan terintegrasi dengan prinsip *Green Chemistry* b. Materi, uraian, latihan atau contoh-contoh kasus yang disajikan dapat meningkatkan sikap peduli lingkungan peserta didik c. Materi yang disajikan dapat memberikan kontribusi untuk melindungi lingkungan dari bahan kimia berbahaya d. Materi yang disajikan memberikan pemahaman	5

		lebih kepada peserta didik mengenai manfaat bahan alam yang dapat menggantikan bahan kimia berbahaya/sintetis	
		Mencakup 3 poin dari komponen yang disebutkan di atas	4
		Mencakup 2 poin dari komponen yang disebutkan di atas	3
		Mencakup 1 poin dari komponen yang disebutkan di atas	2
		Tidak mencakup seluruh poin dari komponen yang disebutkan di atas	1

Lampiran 6 Instrumen Validasi Ahli Materi

Instrumen Validasi Ahli Materi

Judul E-LKPD	:	Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (E-LKPD): Praktikum Pencegahan Korosi Menggunakan Ekstrak Daun Jambu Biji (*Psidium guajava linn*)
Mata Pelajaran	:	Kimia (Kelas XII)
Penulis	:	Rukha Maulida
Validator	:	
Tanggal	:	

Petunjuk Pengisian:

Berilah tanda checklist (√) pada kolom yang paling sesuai dengan penilaian dari Bapak/Ibu, kemudian tambahkan saran atau masukan dari Bapak/Ibu pada kolom yang telah disediakan.

Keterangan:

Skor		**Keterangan**
5	:	Sangat Baik
4	:	Baik
3	:	Cukup
2	:	Kurang
1	:	Sangat Kurang

No.	Komponen	Skor				
		1	2	3	4	5
Kelayakan Isi						
1.	Kesesuaian materi dengan Kompetensi Inti (KI) dan Kompetensi Dasar (KD) yang harus dicapai					
2.	Ketepatan materi					
3.	Kelengkapan materi					
Penyajian Materi						
4.	Teknik penyajian materi					
5.	Sistematika penyusunan materi					
6.	Mengajak peserta didik aktif dalam proses pembelajaran					
Kebahasaan						
7.	Kejelasan kalimat					
8.	Kesesuaian dengan Kaidah Bahasa Indonesia yang benar					
9.	Ketepatan struktur kalimat					
Green Chemistry						
10.	Materi berbasis *Green Chemistry*					

(Diadaptasi dan dimodifikasi dari BNSP, 2014; Kemendikbud, 2017; Ulandari dan Mitarlis 2021)

Saran

Semarang,.....2022

Validator

(Nama Lengkap)

Lampiran 7 Indikator Instrumen Validasi Ahli Media Pembelajaran

Indikator Instrumen Validasi Ahli Media Pembelajaran

No	Komponen	Kriteria	Skor
Kelayakan Penyajian			
1.	Teknik penyajian	a. Konsistensi sistematika sajian dalam bab b. Keruntutan konsep c. Penggunaan gambar dan ilustrasi lainnya dapat memfalisitasi kegiatan belajar peserta didik d. Penggunaan gambar dan ilustrasi lainnya sesuai dengan perkembangan peserta didik	5
		Mencakup 3 poin dari komponen yang disebutkan di atas	4
		Mencakup 2 poin dari komponen yang disebutkan di atas	3
		Mencakup 1 poin dari komponen yang disebutkan di atas	2
		Tidak mencakup seluruh poin dari komponen yang disebutkan di atas	1
2.	Pendukung penyajian	a. Pembangkit motivasi belajar peserta didik b. Soal latihan pada akhir bab c. Menarik peserta didik untuk membacanya	5

		d. Terdapat contoh soal dan soal latihan yang kontekstual	
		Mencakup 3 poin dari komponen yang disebutkan di atas	4
		Mencakup 2 poin dari komponen yang disebutkan di atas	3
		Mencakup 1 poin dari komponen yang disebutkan di atas	2
		Tidak mencakup seluruh poin dari komponen yang disebutkan di atas	1
3.	Penyajian pembelajaran	a. Memiliki variasi stimulus melalui berbagai media dan kegiatan peserta didik sesuai dengan ciri K13. b. Memotivasi peserta didik untuk belajar c. Mendukung pembelajaran abad 21 (berpikir kritis dan pemecahan masalah, kreativitas, kemampuan berkomunkasi)	5
		d. Kejelasan arahan, tugas dan instruksi	
		Mencakup 3 poin dari komponen yang disebutkan di atas	4
		Mencakup 2 poin dari komponen yang disebutkan di atas	3
		Mencakup 1 poin dari komponen yang disebutkan di atas	2

		Tidak mencakup seluruh poin dari komponen yang disebutkan di atas	1
4.	Koherensi dan keruntutan alur pikir	a. Ketertautan antar alenia dan kalimat b. Keutuhan makna dalam bab c. Mudah dimengerti dan dipahami oleh peserta didik d. Ketertautan antar materi mulai dari yang mudah ke sukar, dari yang sederhana ke kompleks, dari yang dikenal sampai yang belum dikenal	5
		Mencakup 3 poin dari komponen yang disebutkan di atas	4
		Mencakup 2 poin dari komponen yang disebutkan di atas	3
		Mencakup 1 poin dari komponen yang disebutkan di atas	2
		Tidak mencakup seluruh poin dari komponen yang disebutkan di atas	1
Kelayakan Bahasa			
1.	Lugas	a. Ketepatan struktur kalimat b. Kefeektifan kalimat c. Kebakuan istilah d. Penggunaan bahasa yang jelas	5
		Mencakup 3 poin dari komponen yang disebutkan di atas	4

		Mencakup 2 poin dari komponen yang disebutkan di atas	3
		Mencakup 1 poin dari komponen yang disebutkan di atas	2
		Tidak mencakup seluruh poin dari komponen yang disebutkan di atas	1
2.	Komunikatif	a. Pemahaman terhadap pesan atau informasi b. Mendorong kemampuan berpikir kritis peserta didik. c. Membangkitkan motivasi dan inspirasi peserta didik d. Mudah dipahami oleh peserta didik	5
		Mencakup 3 poin dari komponen yang disebutkan di atas	4
		Mencakup 2 poin dari komponen yang disebutkan di atas	3
		Mencakup 1 poin dari komponen yang disebutkan di atas	2
		Tidak mencakup seluruh poin dari komponen yang disebutkan di atas	1
3.	Kesesuaian dengan kaidah Bahasa Indonesia	a. Kesesuaian dengan Pedoman Umum Ejaan Bahasa Indonesia b. Ketepatan tata bahasa c. Sesuai dengan tingkat perkembangan peserta didik	5

		d. Bahasa yang digunakan jelas dan tidak menimbulkan multitafsir	
		Mencakup 3 poin dari komponen yang disebutkan di atas	4
		Mencakup 2 poin dari komponen yang disebutkan di atas	3
		Mencakup 1 poin dari komponen yang disebutkan di atas	2
		Tidak mencakup seluruh poin dari komponen yang disebutkan di atas	1
4.	Kesesuaian penggunaan istilah dan simbol	a. Kesesuaian pemilihan istilah b. Konsistensi penggunaan istilah c. Kesesuaian pemilihan simbol atau ikon d. Konsistensi penggunaan simbol atau ikon	5
		Mencakup 3 poin dari komponen yang disebutkan di atas	4
		Mencakup 2 poin dari komponen yang disebutkan di atas	3
		Mencakup 1 poin dari komponen yang disebutkan di atas	2
		Tidak mencakup seluruh poin dari komponen yang disebutkan di atas	1
Teknis			
1.	Tulisan	a. Menggunakan huruf cetak dan tidak menggunakan huruf latin atau romawi	5

		b. Menggunakan huruf tebal yang besar untuk judul topik c. Menggunakan huruf miring untuk istilah asing d. Ukuran dan jenis huruf tepat	
		Mencakup 3 poin dari komponen yang disebutkan di atas	4
		Mencakup 2 poin dari komponen yang disebutkan di atas	3
		Mencakup 1 poin dari komponen yang disebutkan di atas	2
		Tidak mencakup seluruh poin dari komponen yang disebutkan di atas	1
2.	Gambar	a. Gambar memudahkan peserta didik memahami materi yang bersifat abstrak b. Gambar jelas c. Gambar sesuai dengan materi yang disajikan d. Ketepatan proporsi dan kontras	5
		Mencakup 3 poin dari komponen yang disebutkan di atas	4
		Mencakup 2 poin dari komponen yang disebutkan di atas	3

		Mencakup 1 poin dari komponen yang disebutkan di atas	2
		Tidak mencakup seluruh poin dari komponen yang disebutkan di atas	1
3.	Video	a. Video yang disajikan memudahkan peserta didik untuk memahami kegiatan praktikum berbasis *green chemistry* b. Kesesuaian penyajian video dengan materi yang dibahas c. Kualitas gambar pada video d. Keterbacaan teks dalam video	5
		Mencakup 3 poin dari komponen yang disebutkan di atas	4
		Mencakup 2 poin dari komponen yang disebutkan di atas	3
		Mencakup 1 poin dari komponen yang disebutkan di atas	2
		Tidak mencakup seluruh poin dari komponen yang disebutkan di atas	1
4.	Ilustrasi	a. Ilustrasi yang disajikan dapat menyampaikan konsep dari materi b. Kesesuaian ilustasi dengan isi matei c. Kualitas gambar pada ilustrasi d. Keterbacaan huruf dalam ilustrasi	5

		Mencakup 3 poin dari komponen yang disebutkan di atas	4
		Mencakup 2 poin dari komponen yang disebutkan di atas	3
		Mencakup 1 poin dari komponen yang disebutkan di atas	2
		Tidak mencakup seluruh poin dari komponen yang disebutkan di atas	1
		Mencakup 3 poin dari komponen yang disebutkan di atas	4
5.	Penampilan Cover	a. Tampilan cover menarik. b. Keseimbangan proporsi komponen-komponen dalam cover c. Memuat informasi penting terkait isi E-LKPD d. Memuat ilustrasi yang sesuai dengan isi E-LKPD	5
		Mencakup 3 poin dari komponen yang disebutkan di atas	4
		Mencakup 2 poin dari komponen yang disebutkan di atas	3
		Mencakup 1 poin dari komponen yang disebutkan di atas	2
		Tidak mencakup seluruh poin dari komponen yang disebutkan di atas	1
6.	Penampian Isi	a. Tata letak konsisten b. Unsur tata letak harmonis	5

		c. Menggunakan bingkai untuk halaman pertanyaan dan pernyataan penting d. Menggunakan warna latar yang tepat	
		Mencakup 3 poin dari komponen yang disebutkan di atas	4
		Mencakup 2 poin dari komponen yang disebutkan di atas	3
		Mencakup 1 poin dari komponen yang disebutkan di atas	2
		Tidak mencakup seluruh poin dari komponen yang disebutkan di atas	1

Instrumen Validasi Ahli Media Pembelajaran

Judul E-LKPD	:	Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (E-LKPD): Praktikum Pencegahan Korosi Menggunakan Ekstrak Daun Jambu Biji (*Psidium guajava linn*)
Mata Pelajaran	:	Kimia (Kelas XII)
Penulis	:	Rukha Maulida
Validator	:	
Tanggal	:	

Petunjuk Pengisian:

Berilah tanda checklist (√) pada kolom yang paling sesuai dengan penilaian dari Bapak/Ibu, kemudian tambahkan saran atau masukan dari Bapak/Ibu pada kolom yang telah disediakan.

Keterangan:

Skor		**Keterangan**
5	:	Sangat Baik
4	:	Baik
3	:	Cukup
2	:	Kurang
1	:	Sangat Kurang

No.	Komponen	Skor				
		1	2	3	4	5
Kelayakan Penyajian						
1.	Teknik penyajian					
2.	Pendukung penyajian					
3.	Penyajian pembelajaran					
4.	Koherensi dan keruntutan alur pikir					
Kelayakan Bahasa						
1.	Lugas					
2.	Komunikatif					
3.	Kesesuaian dengan kaidah Bahasa Indonesia					
4.	Kesesuaian penggunaan istilah dan simbol					
Teknis						
1.	Tulisan					
2.	Gambar					
3.	Video					
4.	Ilustrasi					

5.	Penampilan Cover					
6.	Penampilan Isi					

(Diadaptasi dan dimodifikasi dari BNSP 2014; Kemendikbud 2017; Darmodjo dan Kaligis, 1992)

Saran

Semarang,.....2022

Validator

(Nama Lengkap)

Lampiran 9 Indikator Instrumen Uji Kepraktisan

Indikator Instrumen Uji Kepraktisan

No	Aspek Pertanyaan	Indikator	
		Positif	Negatif
Isi			
1.	Penyajian materi	Materi yang disajikan dalam E-LKPD mudah dipahami.	Materi yang disajikan dalam E-LKPD sulit untuk dipahami.
		Materi yang disajikan dalam E-LKPD dapat membantu peserta didik untuk menyimpulkan dan mengambil ide-ide penting mengenai materi korosi dan pencegahannya sendiri.	Materi yang disajikan dalam E-LKPD tidak dapat membantu peserta didik untuk menyimpulkan dan mengambil ide-ide penting mengenai materi korosi dan pencegahannya sendiri.
2.	Penggunaan kalimat yang tepat	E-LKPD menggunakan kalimat dengan makna yang jelas	E-LKPD menggunakan kalimat dengan makna yang tidak jelas (ambigu) dan menimbulkan banyak makna (multitafsir).
		Kalimat dalam E-LKPD efektif (jelas dan singkat)	Kalimat dalam E-LKPD tidak efektif (tidak jelas dan terlalu panjang)
3.	Koherensi dan keruntutan alur berpikir	Materi dalam E-LKPD disajikan secara runtut sehingga lebih mudah untuk memahami materi	Materi dalam E-LKPD disajikan tidak runtut sehingga lebih mudah untuk memahami materi korosi dan pencegahannya.

		korosi dan pencegahannya.	
		Ketertautan antar materi mulai dari yang mudah ke sukar, dari yang sederhana ke kompleks, dari yang dikenal sampai yang belum dikenal	Materi yang disajikan tidak saling bertautan
Penyajian			
1.	Teknik penyajian	E-LKPD disajikan dalam bentuk yang menarik	E-LKPD disajikan dalam bentuk yang tidak menarik atau membosankan
		Variasi kegiatan, tugas, soal latihan, ilustrasi dan lain-lain membantu untuk meningkatkan kemampuan dan rasa ingin tahu peserta didik.	Variasi kegiatan, tugas, soal latihan, ilustrasi dan lain-lain tidak membantu meningkatkan kemampuan dan rasa ingin tahu peserta didik.
2.	Pendukung penyajian	Pemilihan jenis huruf, ukuran serta spasi yang digunakan mempermudah peserta didik dalam membaca E-LKPD.	Pemilihan jenis huruf, ukuran serta spasi yang digunakan tidak mempermudah peserta didik dalam membaca E-LKPD.
		Materi yang disajikan dalam E-LKPD sederhana tetapi menarik untuk dibaca	Materi yang disajikan dalam E-LKPD rumit dan tidak menarik untuk dibaca
3.	Penyajian pembelajaran	Lembar Kerja Peserta Didik yang	Lembar Kerja Peserta Didik yang disajikan

		disajikan dalam bentuk elektronik dan dapat diakses melalui HP atau laptop menjadikan waktu belajar lebih fleksibel.	dalam bentuk elektronik sulit untuk diakses melalui HP atau laptop sehingga tidak menjadikan waktu belajar lebih fleksibel.
Manfaat			
1.	Meningkatkan motivasi belajar	Melalui lembar kegiatan yang ada dalam E-LKPD dapat memotivasi peserta didik untuk lebih giat belajar	Melalui lembar kegiatan yang ada dalam E-LKPD tidak dapat memotivasi peserta didik untuk lebih giat belajar
		Melalui ilustrasi permasalahan lingkungan yang disajikan dalam E-LKPD menjadikan saya lebih sadar untuk bersikap ramah lingkungan.	Ilustrasi permasalahan lingkungan yang disajikan dalam E-LKPD belum sesuai sehingga peserta didik belum sadar mengenai sikap tramah lingkungan.
		Materi yang diintegrasikan dengan konsep *green chemistry* menjadikan peserta didik lebih sadar mengenai pentingnya menjaga lingkungan	Materi yang disajikan kurang terintegrasi dengan konsep *green chemistry* sehingga belum membantu peserta didik sadar mengenai pentingnya menjaga lingkungan
		Materi yang diintegrasikan dengan konsep *green chemistry* menjadikan peserta didik lebih	Materi yang disajikan kurang terintegrasi dengan konsep *green chemistry* sehingga belum membantu peserta didik untuk

		tahu bahan-bahan alam yang bermanfaat untuk menggantikan bahan kimia sintetis.	mengetahui bahan-bahan alam yang bermanfaat untuk menggantikan bahan kimia sintetis.
2.	Kesenangan	Materi dalam E-LKPD disajikan secara menarik sehingga peserta didik lebih senang dalam belajar menggunakan E-LKPD.	Materi yang disajikan dalam E-LKPD tidak menarik sehingga peserta didik kurang senang untuk belajar menggunakan E-LKPD.
3.	Kegunaan	Foto yang digunakan dalam E-LKPD membantu peserta didik memahami materi dengan baik.	Foto yang digunakan dalam E-LKPD tidak dapat membantu peserta didik memahami materi dengan baik.
		Animasi yang disajikan dalam E-LKPD dapat memperjelas teori yang masih abstrak.	Animasi yang disajikan dalam E-LKPD tidak dapat memperjelas teori yang masih abstrak.
		Video praktikum yang disajikan menjadikan peserta didik mendapat pengetahuan baru mengenai cara pencegahan korosi yang lebih ramah lingkungan.	Video praktikum yang disajikan tidak dapat membantu peserta didik memahami cara pencegahan korosi yang lebih ramah lingkungan.
		Lembar Kerja Peserta Didik yang disajikan dalam	Lembar Kerja Peserta Didik yang disajikan dalam bentuk

		bentuk elektronik dan dapat diakses melalui HP atau laptop menjadikan waktu belajar lebih fleksibel.	elektronik sulit untuk diakses melalui HP atau laptop sehingga tidak menjadikan waktu belajar lebih fleksibel.

(Diadaptasi dan dimodifikasi dari kemendikbud 2017; Parawansa dkk, 2021)

Keterangan Tanggapan:

No	Pilihan Jawaban	Skor Jawaban	
		Positif	Negatif
1.	Sangat Setuju	5	1
2.	Setuju	4	2
3.	Kurang Setuju	3	3
4.	Tidak Setuju	2	4
5.	Sangat Tidak Setuju	1	5

(Diadaptasi dari Widoyoko, 2012)

Lampiran 10 Angket Respon Peserta Didik

Angket Respon Peserta Didik

Judul E-LKPD	:	Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (E-LKPD): Praktikum Pencegahan Korosi Menggunakan Ekstrak Daun Jambu Biji (*Psidium guajava linn*)
Nama Responden	:	.....
Kelas	:	.....

Petunjuk Pengisian:

1. Bacalah dan jawablah semua pertanyaan dengan teliti tanpa ada yang terlewatkan
2. Saudara/i dimohon untuk menuliskan komentar atau saran untuk perbaikan terhadap Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (E-LKPD) yang dikembangkan pada kolom yang telah disediakan

1. Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (E-LKPD) menggunakan bahasa yang mudah dipahami.

   o Sangat Setuju
   o Setuju
   o Kurang Setuju
   o Tidak Setuju
   o Sangat Tidak Setuju
2. E-LKPD menggunakan kalimat yang tidak menimbulkan makna ganda.

o Sangat Setuju
o Setuju
o Kurang Setuju
o Tidak Setuju
o Sangat Tidak Setuju

3. Materi dalam E-LKPD disajikan secara runtut sehingga saya lebih mudah untuk memahami materi korosi dan pencegahannya.

   o Sangat Setuju
   o Setuju
   o Kurang Setuju
   o Tidak Setuju
   o Sangat Tidak Setuju

4. Materi dalam E-LKPD disajikan secara menarik sehingga saya lebih senang dalam belajar menggunakan E-LKPD

   o Sangat Setuju
   o Setuju
   o Kurang Setuju
   o Tidak Setuju
   o Sangat Tidak Setuju

5. Pemilihan jenis huruf, ukuran serta spasi yang digunakan mempermudah saya dalam membaca E-LKPD.

   o Sangat Setuju
   o Setuju
   o Kurang Setuju
   o Tidak Setuju

o Sangat Tidak Setuju

6. Variasi kegiatan, tugas, soal latihan, ilustrasi dan lain-lain membantu saya untuk mengembangkan kemampuan saya serta dapat meningkatkan rasa ingin tahu saya.

   o Sangat Setuju
   o Setuju
   o Kurang Setuju
   o Tidak Setuju
   o Sangat Tidak Setuju

7. Melalui lembar kegiatan yang ada dalam E-LKPD ini saya dapat menyimpulkan dan mengambil ide-ide penting mengenai materi korosi dan pencegahannya.

   o Sangat Setuju
   o Setuju
   o Kurang Setuju
   o Tidak Setuju
   o Sangat Tidak Setuju

8. Melalui ilustrasi permasalahan lingkungan yang disajikan dalam E-LKPD menjadikan saya lebih sadar untuk bersikap ramah lingkungan.

   o Sangat Setuju
   o Setuju
   o Kurang Setuju
   o Tidak Setuju
   o Sangat Tidak Setuju

9. Foto yang digunakan dalam E-LKPD membantu saya memahami materi dengan baik.

   o Sangat Setuju
   o Setuju
   o Kurang Setuju
   o Tidak Setuju
   o Sangat Tidak Setuju

10. Animasi yang disajikan dalam E-LKPD dapat memperjelas teori yang masih abstrak.

    o Sangat Setuju
    o Setuju
    o Kurang Setuju
    o Tidak Setuju
    o Sangat Tidak Setuju

11. Video praktikum yang disajikan menjadikan saya mendapat pengetahuan baru mengenai cara pencegahan korosi yang lebih ramah lingkungan.

    o Sangat Setuju
    o Setuju
    o Kurang Setuju
    o Tidak Setuju
    o Sangat Tidak Setuju

12. Materi yang diintegrasikan dengan konsep *green chemistry* menjadikan saya lebih sadar mengenai pentingnya menjaga lingkungan

    o Sangat Setuju
    o Setuju

o Kurang Setuju
o Tidak Setuju
o Sangat Tidak Setuju

13. Materi yang diintegrasikan dengan konsep *green chemistry* menjadikan saya lebih tahu bahan-bahan alam yang bermanfaat untuk menggantikan bahan kimia sintetis.

    o Sangat Setuju
    o Setuju
    o Kurang Setuju
    o Tidak Setuju
    o Sangat Tidak Setuju

14. Lembar Kerja Peserta Didik yang disajikan dalam bentuk elektronik dan dapat diakses melalui HP atau laptop menjadikan waktu belajar lebih fleksibel.

    o Sangat Setuju
    o Setuju
    o Kurang Setuju
    o Tidak Setuju
    o Sangat Tidak Setuju

15. Komentar atau saran untuk Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (E-LKPD) yang dikembangkan

    .....
    .....
    .....
    .....
    .....

16. Sebuah kapal yang sering dioperasikan di laut akan mengalami proses perkaratan lebih cepat dari kapal yang dioperasikan di danau atau sungai padahal sama-sama sering dioperasikan di air. Berdasarkan pemaparan tersebut jelaskan faktor yang paling dominan mempengaruhi perkaratan pada kapal di laut!
17. Daun jambu biji dapat dijadikan sebagai inhibitor korosi karena memiliki kandungan senyawa tanin di dalamnya. Daun sirsak juga mengandug senyawa tanin sehingga dapat dijadikan sebagai inhibitor korosi alami juga. Berdasarkan contoh tersebut ungkapkanlah gagasan kalian mengenai cara yang aman untuk mencegah korosi!

Lampiran 11 Persentase Jawaban Peserta Didik dari Soal E-LKPD

No	Pertanyaan	Jawaban	Persentase
1.	Sebuah kapal yang sering dioperasikan di laut akan mengalami proses perkaratan lebih cepat dari kapal yang dioperasikan di danau atau sungai padahal sama-sama sering dioperasikan di air. Berdasarkan pemaparan tersebut jelaskan faktor yang paling dominan mempengaruhi perkaratan pada kapal di laut!	Benar	73%
		Salah	27%
2.	Daun jambu biji dapat dijadikan sebagai inhibitor korosi karena memiliki kandungan senyawa tanin di dalamnya. Selain daun jambu biji, daun sirsak juga mengandung senyawa tanin di dalamnya sehingga dapat dijadikan sebagai inhibitor korosi. Berdasarkan contoh tersebut ungkapkanlah gagasan kalian mengenai cara yang aman untuk mencegah korosi!	Benar	70%
		Salah	30%

Lampiran 12 Silabus Pembelajaran

SILABUS

Satuan Pendidikan	:	MAN 2 Grobogan
Mata Pelajaran	:	Kimia
Kelas/Semester	:	XII / 1-2 (Ganjil & Genap)
Alokasi Waktu	:	4 JP/Minggu
Tahun Pelajaran	:	2021/2022

Standar Kompetensi (KI)

KI-1 : Menghayati dan mengamalkan ajaran agama yang dianutnya.

KI-2 : Menghayati dan mengamalkan perilaku jujur, disiplin, santun, peduli (gotong royong, kerjasama, toleran, damai), bertanggung jawab, responsif, dan pro-aktif dalam berinteraksi secara efektif sesuai dengan perkembangan anak di lingkungan, keluarga, sekolah,

masyarakat dan lingkungan alam sekitar, bangsa, negara, kawasan regional, dan kawasan internasional".

KI-3 : Memahami, menerapkan, dan menganalisis 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

KI-4 : Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, bertindak secara efektif dan kreatif, serta mampu menggunakan metode sesuai kaidah keilmuan

Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Kegiatan Pembelajaran
3.1 Menganalisis fenomena sifat koligatif larutan (penurunan tekanan uap jenuh, kenaikan titik didih, penurunan titik beku, dan tekanan osmosis)	Sifat Koligatif Larutan • Diagram *P-T* • Penurunan tekanan uap jenuh • Kenaikan titik didih • Penurunan titik beku	• Mengamati video atau gambar penggunaan garam untuk mencairkan salju. • Menyimak penjelasan tentang sifat koligatif larutan dengan menggunakan diagram *P-T* • Menganalisis dan menyimpulan penyebab sifat koligatif larutan • Menganalisis perbedaaan sifat koligatif larutan nonelektrolit dan sifat koligatif larutan elektrolit. • Merancang dan melakukan percobaan sifat koligatif larutan, misalnya penurunan titik bekularutan nonelektrolit dan larutan elektrolit serta melaporkan hasil percobaan. • Menentukan derajat pengionan (α) zat elektrolit berdasarkan data percobaan.
4.1 Menyajikan hasil penelusuran informasi tentang kegunaan prinsip		

Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Kegiatan Pembelajaran
sifat koligatif larutan dalam kehidupan sehari-hari	• Osmosis dan tekanan osmosis • Sifat koligatif larutan elektrolit dan larutan nonelektrolit	• Menyelesaikan perhitungan kimia terkait sifat koligatif larutan elektrolit dan nonelektrolit. • Memaparkan terapan sifat koligatif dalam kehidupan sehari-hari misalnya membuat es krim, memasak, dan mencegah pembekuan air radiator.
3.2 Membedakan sifat koligatif larutan elektrolit dan larutan nonelektrolit		
4.2 Menganalisis data percobaan untuk menentukan derajat pengionan		

Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Kegiatan Pembelajaran
3.3 Menyetarakan persamaan reaksi redoks	Redoks dan Sel Elektrokimia • Penyetaraan persamaan reaksi redoks • Sel Volta dan potensial sel • Korosi	• Mengamati benda-benda yang menggunakan baterai sebagai sumber energi. • Menyimak penjelasan cara menyetarakan persamaan kimia reaksi redoks. • Menyetarakan persamaan kimia reaksi redoks dengan menggunakan metode setengah reaksi dan metode perubahan bilangan oksidasi. • Membahas notasi sel Volta dan kespontanan reaksi. • Menyimak penjelasan cara menghitung potensial sel Volta • Merancang dan melakukan percobaan sel Voltadengan menggunakan bahan di sekitar, misalnya agar-agar sebagai jembatan garam serta menyajikan hasilnya. • Membahas penerapan sel Volta dalam kehidupan.
4.3 Menentukan urutan kekuatan pengoksidasi atau pereduksi berdasarkan data hasil percobaan		
3.4 Menganalisis proses yang terjadi dalam sel Volta dan		

Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Kegiatan Pembelajaran
menjelaskan kegunaannya	• Sel Elektrolisis dan Hukum Faraday	• Membahas proses korosi yang melibatkan reaksi redoks dan faktor-faktor penyebab terjadinya korosi. • Membahas upaya pencegahan dan mengatasi terjadinya korosi. • Merancang dan melakukan percobaan penyepuhan benda dari logam dengan ketebalan lapisan dan luas tertentuserta melaporkan hasilnya. • Menggunakan hukum Faraday untuk menentukan hubungan antara muatan listrik yang digunakan dengan banyaknya hasil reaksi.
4.4 Merancang sel Volta dengan mengunakan bahan di sekitar		
3.5 Menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya korosi dan cara mengatasinya		

Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Kegiatan Pembelajaran
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		

Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Kegiatan Pembelajaran
4.6 Menyajikan rancangan prosedur penyepuhan benda dari logam dengan ketebalan lapisan dan luas tertentu		
3.7 Menganalisis kelimpahan, kecenderungan sifat fisika dan kimia, manfaat, dan proses	Kimia Unsur • Kelimpahan unsur-unsur golongan	• Mengamati demonstrasi reaksi uji nyala garam dari senyawa alkali dan alkali tanah, misalnya: pembakaran KCl, NaCl, $CaCl_2$, dan $BaCl_2$ untuk mengidentifikasi unsur logam.

Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Kegiatan Pembelajaran
pembuatan unsur-unsur golongan utama (gas mulia, halogen, alkali, dan alkali tanah)	utama, unsur-unsur periode 3, dan unsur transisi periode 4. • Sifat fisis dan sifat kimia unsur-unsur golongan	• Mengamati demonstrasi pembakaran logam Mg kemudian hasil pembakaran ditambah air dan fenolftalin untuk mengidentifikasi sifat basa unsur golongan IIA. • Membahas kelimpahan, kecenderungan sifat, manfaat, serta cara mendapatkan unsur-unsur golongan utama, unsur-unsur periode 3 dan unsur golongan transisi (periode 4). • Mengidentifikasi produk-produk yang mengandung unsur-unsur golongan utama, unsur-unsur periode 3 dan unsur golongan transisi (periode 4) tertentu. • Mengaitkan sifat dan kegunaan unsur golongan utama, unsur periode 3, dan unsur transisi periode 4. • Merancang dan melakukan percobaan terkait sifat kimia unsur dalam satu golongan/ periode misalnya: daya pengoksidasi
4.7 Menyajikan data hasil penelusuran informasi sifat dan pembuatan unsur-unsur golongan utama (halogen, alkali, dan alkali tanah)		

Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Kegiatan Pembelajaran
3.8 Menganalisis kelimpahan, kecenderungan sifat fisika dan kimia, manfaat, dan proses pembuatan unsur-unsur periode 3 dan golongan transisi (periode 4)	utama,periode 3, dan unsur transisi periode 4. • Ekstraksi unsur-unsur halogen, alkali, alkali tanah, aluminium, nitrogen,	halogen dan daya pereduksi halida, uji nyala senyawa logam alkali dan alkali tanah, sifat unsur-usur periode 3 (antara lain amfoter ion aluminium Al^{3+}), serta pembuatan gas klor dan melaporkan hasil percobaan. • Membahas kegunaan unsur/ senyawa golongan utama, unsur periode 3 dan unsur transisi periode 4
4.8 Menyajikan data hasil penelusuran informasi sifat dan		

Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Kegiatan Pembelajaran
pembuatan unsur-unsur Periode 3 dan unsur golongan transisi (periode 4)	oksigen, belerang, silikon, besi, kromium, tembaga, dan senyawanya. • Manfaat unsur dan senyawa golongan utama,	

Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Kegiatan Pembelajaran
	periode ke-3 dan transisi (periode 4)	
3.9 Menganalisis struktur, tatanama, sifat, sintesis, dan kegunaan senyawa karbon	Struktur, Tata Nama, Sifat, Isomer, Identifikasi dan Kegunaan Senyawa:	• Mengamati gambar: bahan pencucian kering (*dry clean*), spirtus, kembang gula, formalin, obat bius, cat kuku, kloroform, cuka dapur, jeruk, pisang dan lain-lain yang mengandung senyawa karbon. • Menyimak penjelasan pengelompokan senyawa karbon berdasarkan gugus fungsi (haloalkana, amina, alkanol, alkoksialkana, alkanal, alkanon, asam alkanoat, dan alkil alkanoat).
4.9 Menyajikan rancangan		

Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Kegiatan Pembelajaran
percobaan sintesis senyawa karbon, identifikasi gugus fungsi dan/atau penafsiran data spektrum inframerah (IR)	• Haloalkana • Amina • Alkanol dan Alkoksi Alkana • Alkanal dan Alkanon • Asam alkanoat dan alkil alkanoat	• Membahas rumus struktur dan tata nama haloalkana, amina, alkanol, alkoksi alkana, alkanal, alkanon, asam alkanoat, dan alkil alkanoat. • Menganalisis berbagai rumus struktur yang memiliki rumus molekul sama. • Membahas isomer, sifat-sifat, reaksi identifikasi dan kegunaan haloalkana, amina, alkanol, alkoksi alkana, alkanal, alkanon, asam alkanoat, dan alkil alkanoat. • Mengaitkan rumus struktur senyawa haloalkana, amina, alkanol, alkoksi alkana, alkanal, alkanon, asam alkanoat, dan alkil alkanoat, dengan sifat kimianya. • Merancang dan melakukan percobaan tentangreaksi identifikasi senyawa alkanol dan alkoksialkana serta identifikasi

Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Kegiatan Pembelajaran
		alkanal dan alkanon (misalnya dengan larutan Fehling dan Tollens) dan melaporkan hasil percobaan. • Merancang dan melakukan percobaan pembuatan alkil alkanoat (esterifikasi) dan melaporkan hasil percobaan. • Membahas senyawa alkohol tertentu yang dapat menjadi bahan bakaralternatif • Membahas formalin yang digunakan untuk pengawet dan bahaya penggunaan formalin untuk mengawetkan makanan.
3.10 Menganalisis struktur, tata nama, sifat, dan kegunaan benzena dan turunannya	Benzena dan Turunannya • Struktur • Tata Nama	• Mengamati gambar: dinamit, obat-obatan yang mengandung anilin, minuman ringan yang mengandung bahan pengawet, kotak televisi dan tape recorder serta lain-lain yang mengandung senyawa bezena dan turunannya.

Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Kegiatan Pembelajaran
4.10 Menyajikan hasil penelusuran informasi beberapa turunan benzena yang berbahaya dan tidak berbahaya	• Sifat • Kegunaan	• Menyimak penjelasan rumus struktur dan tata nama senyawa benzena dan turunannya • Membahas sifat fisis dan sifat kimia senyawa benzena dan turunannya (penyebab kestabilan benzena, reaksi-reaksi substitusi meliputi: nitrasi, sulfonasi, halogenasi, dan alkilasi dll) • Menghubungkan rumus struktur senyawa dengan sifat kimianya. • Menganalisis reaksi pengarah orto, meta dan para • Berlatih membuat reaksi nitrasi, sulfonasi, halogenasi, dan alkilasi pada senyawa benzena • Membahas kegunaan benzena dan turunannya.

Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Kegiatan Pembelajaran
3.11 Menganalisis struktur, tata nama, sifat dan penggolongan makromolekul 4.11 Menganalisis hasil penelusuran informasi mengenai pembuatan dan dampak suatu produk dari makromolekul	Struktur, tata nama, sifat, penggunaan dan penggolongan makromolekul • Polimer • Karbohidrat • Protein • Lemak	• Mengamati objek (atau gambarnya) yang mengandung polimer, misalnya: tali-tali plastik, paralon, teflon, tempat minum dan makanan dari stirofom, karpet dari polimer orlon, lensa kacamata dari fleksiglas dan fiting lampu dari bakelit. • Menyimak penjelasan bagaimana beberapa jenis molekul dapat bergabung menghasilkan suatu makromolekul. • Menyimak penjelasan tentang aturan IUPAC untuk memberi nama polimer • Membahaspembentukan polimerisasi adisi dan polimerisasi kondensasi. • Menganalisis nama monomer, jenis polimerisasinya, nama polimer yang terbentuk, sifat dan kegunaannya dalam kehidupan.

Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Kegiatan Pembelajaran
		• Mengumpulkan data dan menyajikan dampak penggunaan polimer sintetis dalam kehidupan dan cara penanggulangannya • Mengamati bahan atau gambaryang mengandung karbohidrat, protein, dan lemak, misalnya: madu lebah, batang tebu, susu sapi, biji-bijian, kapas, gelatin, agar-agar, buah alpukat dan daging sapi. • Menyimak penjelasan tentang struktur dan tata nama karbohidrat dan protein • Membahas sifat dan kegunaan karbohidrat dan protein. • Melakukan percobaan uji glukosa, selulosa, amilum dan uji protein dan melaporkan hasil percobaan. • Menyimak penjelasan struktur lemak dan reaksi yang dapat dialami lemak

Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Kegiatan Pembelajaran
		• Menghubungkan struktur lemak (misalnya struktur omega-3, omega-6, omega-9, struktur lemak lain) dengan sifat fisiknya dan efeknya pada kesehatan. • Membahas dan menyajikan kegunaan lemak dan minyak serta pengaruh lemak bagi kesehatan manusia. • Membahas dan menyajikan pembuatan suatu produk dari makromolekul misalnya pembuatan alkohol dari karbohidrat,minyak dari biji-bijian dan margarin dari lemak.

Grobogan, …… 2021

Mengetahui,

Kepala Sekolah

Guru Mata Pelajaran

Drs. H. Moh Muchlis,

M.Pdi.https://iguru31.blogspot.com/

NIP. ……..

Mahbub Alwathoni,

M.si.http://www.ilmuguru.org/

NIP. ……..

Lampiran 13 Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP)

Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP)

Nama Sekolah	:	MAN 2 Grobogan
Mata Pelajaran	:	Kimia
Kelas	:	XII (Dua Belas)
Materi (Sub Materi)	:	Korosi dan Pencegahannya
Alokasi Waktu	:	1 x 1 JP (45 Menit)
Tahun Pelajaran	:	2020 – 2021

A. Standar Kompetensi (KI)

KI-1	:	Menghayati dan mengamalkan ajaran agama yang dianutnya.
KI-2	:	Menghayati dan mengamalkan perilaku jujur, disiplin, santun, peduli (gotong royong, kerjasama, toleran, damai), bertanggung jawab, responsif, dan pro-aktif dalam berinteraksi secara efektif sesuai dengan perkembangan anak di lingkungan, keluarga, sekolah, masyarakat dan lingkungan alam sekitar, bangsa, negara, kawasan regional, dan kawasan internasional".
KI-3	:	Memahami, menerapkan, dan menganalisis 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
KI-4	**:**	Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, bertindak secara efektif dan kreatif, serta mampu menggunakan metode sesuai kaidah keilmuan

B. Kompetensi Dasar (KD) dan Indikator Pencapaian Kompetensi (IPK)

Kompetensi Dasar (KD)	Indikator
3.5. Menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya korosi dan cara mengatasinya	3.5.1. Menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya korosi
	3.5.2. Menyimpulkan faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya korosi
4.5. Mengajukan gagasan untuk mencegah terjadinya korosi	4.5.1. Menyimak video praktikum pencegahan korosi berbasis *green chemistry*

	4.5.2. Mengusulkan gagasan untuk mencegah terjadinya korosi
	4.5.3. Menyajikan hasil praktikum dan mengerjakan E-LKPD

C. Tujuan Pembelajaran

3.5.1.1. Melalui kegiatan diskusi dan penggunaan E-LKPD peserta didik diharapkan dapat menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya korosi dengan benar.

3.5.1.2. Melalui kegiatan diskusi dan penggunaan E-LKPD peserta didik diharapkan dapat menyimpulkan faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya korosi dengan tepat.

4.5.1.1. Melalui kegiatan menyimak video praktikum berbasis *green chemistry* dan penggunaan E-LKPD peserta didik diharapkan dapat menganalisis cara untuk mencegah terjadinya korosi dengan tepat.

4.5.2.1. Melalui kegiatan menyimak video praktikum berbasis *green chemistry* dan penggunaan E-LKPD peserta didik diharapkan dapat mengusulkan gagasan cara untuk mencegah terjadinya korosi dengan tepat.

4.5.3.1. Melalui kegiatan menyajikan hasil praktikum dan mengejakan E-LKPD peserta didik diharapkan dapat menyimpulkan faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya korosi dan mengusulkan gagasan untuk mencegah terjadinya korosi.

D. Materi Pembelajaran

1. Pengertian korosi
2. Proses pembentukan korosi
3. Faktor-faktor yang mempengaruhi korosi
4. Cara mencegah terjadinya korosi

E. Model dan Metode Pembelajaran

1. Pendekatan : Saintifik
2. Metode Pembelajaran : Ceramah, diskusi, eksperimen

F. Alat dan Sumber Belajar

1. Alat : Laptop atau *Handphone*
2. Sumber Belajar : E-LKPD Media mobile learning aplikasi berbasis *green chemistry* pada sub materi korosi dan pencegahannya

G. Kegiatan Pmebelajaran

Kegiatan	Deskripsi Kegiatan	Alokasi Waktu	Keterangan
Pendahuluan	1. Guru membuka proses pembelajaran dengan	10 menit	*WA Group* dan *Google meet*

	mengucapkan salam dan berdoa 2. Guru mengecek kehadiran peserta didik 3. Guru memberikan apersepsi berkaitan dengan fenomena korosi yang terdapat pada kehidupan sehari-hari dengan bertanya pada peserta didik "Apakah kalian pernah menemukan pagar besi dan peralatan rumah yang sudah berkarat? Mengapa benda tersebut mengalami perkaratan?" 4. Guru menyampaikan tujuan dan manfaat pembelajaran korosi		

	dan pencegahannya kepada peserta didik		
Inti	**Mengamati:** 1. Guru menyampaikan materi melalui *WhatsApp Group* dan dilanjutkan melalui *google meet* sebagai fasilitator peserta didik dalam pembelajaran 2. Peserta didik mengamati materi pada E-LKPD 3. Peserta didik menyimak video praktikum yang disediakan dalam E-LKPD **Menanya:** 1. Guru memberikan kesempatan bertanya kepada peserta didik	30 menit	*WA Group* dan *Google meet*

	mengenai konsep korosi dan pencegahannya **Mengumpulkan Data:** 1. Peserta didik diminta mengumpulkan informasi mengenai materi tersebut dari E-LKPD berbasis *green chemistry* 2. Peserta didik diminta untuk berdiskusi mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi korosi dan cara mengatasinya 3. Peserta didik diminta untuk menyimak video praktikum yang disajikan di dalam		

	E-LKPD berbasis *green chemistry* **Mengolah Informasi:** 1. Peserta didik membuat catatan atau merangkum dari hasil mengumpulkan data mengenai materi yang terdapat pada E-LKPD berbasis *green chemistry* 2. Peserta didik menuliskan dan mengolah materi berdasarkan hasil diskusi 3. Peserta didik merangkum hasil praktikum yang telah disimak **Mengkomunikasikan:** 1. Peserta didik mempresentasikan hasil dari catatan		

	atau rangkuman materi, hasil diskusi dan hasil praktikum berdasarkan video tersebut		
Penutup	1. Guru menanyakan kejelasan materi yang disampaikan dan hal-hal yang belum diketahui 2. Peserta didik bersama guru membuat kesimpulan dari hasil pembelajaran 3. Guru menutup kegiatan pembelajaran dengan berdoa dan salam	5 menit	*Google meet*

Lampiran 14 Hasil Validasi Ahli Materi

Hasil Validasi Ahli Materi

Judul E-LKPD	:	Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (E-LKPD): Praktikum Pencegahan Korosi Menggunakan Ekstrak Daun Jambu Biji (*Psidium guajava linn*)
Mata Pelajaran	:	Kimia (Kelas XII)
Penulis	:	Rukha Maulida
Validator	:	Sri Mulyanti
Tanggal	:	15 Maret 2022

Petunjuk Pengisian:

Berilah tanda checklist (√) pada kolom yang paling sesuai dengan penilaian dari Bapak/Ibu, kemudian tambahkan saran atau masukan dari Bapak/Ibu pada kolom yang telah disediakan.

Keterangan:

Skor		**Keterangan**
5	:	Sangat Baik
4	:	Baik
3	:	Cukup
2	:	Kurang
1	:	Sangat Kurang

No.	Komponen	Skor				
		1	2	3	4	5
Kelayakan Isi						
1.	Kesesuaian materi dengan Kompetensi Inti (KI) dan Kompetensi Dasar (KD) yang harus dicapai				√	
2.	Ketepatan materi					√
3.	Kelengkapan materi				√	
Penyajian Materi						
4.	Teknik penyajian materi					√
5.	Sistematika penyusunan materi					√
6.	Mengajak peserta didik aktif dalam proses pembelajaran				√	
Kebahasaan						
7.	Kejelasan kalimat				√	
8.	Kesesuaian dengan Kaidah Bahasa Indonesia yang benar					√
9.	Ketepatan struktur kalimat					√
Green Chemistry						
10.	Materi berbasis *Green Chemistry*				√	

(Diadaptasi dan dimodifikasi dari BNSP, 2014; Kemendikbud, 2017; Ulandari dan Mitarlis 2021)

Saran

Semarang, 15 Maret 2022

Validator

Dr. Sri Mulyanti, M.Pd.

Hasil Validasi Ahli Materi

Judul E-LKPD	:	Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (E-LKPD): Praktikum Pencegahan Korosi Menggunakan Ekstrak Daun Jambu Biji (*Psidium guajava linn*)
Mata Pelajaran	:	Kimia (Kelas XII)
Penulis	:	Rukha Maulida
Validator	:	Resi Pratiwi
Tanggal	:	1 April 2022

Petunjuk Pengisian:

Berilah tanda checklist (√) pada kolom yang paling sesuai dengan penilaian dari Bapak/Ibu, kemudian tambahkan saran atau masukan dari Bapak/Ibu pada kolom yang telah disediakan.

Keterangan:

Skor		**Keterangan**
5	:	Sangat Baik
4	:	Baik
3	:	Cukup
2	:	Kurang
1	:	Sangat Kurang

No.	Komponen	Skor				
		1	2	3	4	5
Kelayakan Isi						
1.	Kesesuaian materi dengan Kompetensi Inti (KI) dan Kompetensi Dasar (KD) yang harus dicapai			√		
2.	Ketepatan materi			√		
3.	Kelengkapan materi				√	
Penyajian Materi						
4.	Teknik penyajian materi				√	
5.	Sistematika penyusunan materi					√
6.	Mengajak peserta didik aktif dalam proses pembelajaran			√		
Kebahasaan						
7.	Kejelasan kalimat				√	
8.	Kesesuaian dengan Kaidah Bahasa Indonesia yang benar				√	
9.	Ketepatan struktur kalimat				√	
Green Chemistry						
10.	Materi berbasis *Green Chemistry*				√	

(Diadaptasi dan dimodifikasi dari BNSP, 2014; Kemendikbud, 2017; Ulandari dan Mitarlis 2021)

Saran

1. Aktivitas peserta didik di dalam E-LKPD masih kurang terlihat.
2. Lembar kerja yang disisipkan masih kurang bisa memfasilitasi peserta didik dalam mengerjakan materi.
3. Belum ada kolom hasil pengamatan setelah praktikum mandiri, seperti mana yang lebih efektif dalam penggunaan jumlah daun jambu biji yang digunakan.

Semarang,1 April2022

Validator

Resi Pratiwi, M.Pd.

Hasil Validasi Ahli Materi

Judul E-LKPD	:	Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (E-LKPD): Praktikum Pencegahan Korosi Menggunakan Ekstrak Daun Jambu Biji (*Psidium guajava linn*)
Mata Pelajaran	:	Kimia (Kelas XII)
Penulis	:	Rukha Maulida
Validator	:	Mahbub Alwathoni
Tanggal	:	24 Maret 2022

Petunjuk Pengisian:

Berilah tanda checklist (√) pada kolom yang paling sesuai dengan penilaian dari Bapak/Ibu, kemudian tambahkan saran atau masukan dari Bapak/Ibu pada kolom yang telah disediakan.

Keterangan:

Skor		**Keterangan**
5	:	Sangat Baik
4	:	Baik
3	:	Cukup
2	:	Kurang
1	:	Sangat Kurang

No.	Komponen	Skor				
		1	2	3	4	5
Kelayakan Isi						
1.	Kesesuaian materi dengan Kompetensi Inti (KI) dan Kompetensi Dasar (KD) yang harus dicapai				√	
2.	Ketepatan materi					√
3.	Kelengkapan materi				√	
Penyajian Materi						
4.	Teknik penyajian materi					√
5.	Sistematika penyusunan materi					√
6.	Mengajak peserta didik aktif dalam proses pembelajaran				√	
Kebahasaan						
7.	Kejelasan kalimat				√	
8.	Kesesuaian dengan Kaidah Bahasa Indonesia yang benar					√
9.	Ketepatan struktur kalimat					√
Green Chemistry						
10.	Materi berbasis *Green Chemistry*				√	

(Diadaptasi dan dimodifikasi dari BNSP, 2014; Kemendikbud, 2017; Ulandari dan Mitarlis 2021)

Saran

Grobogan, 24 Maret 2022

Validator

Mahbub Alwathoni, M.Si.

Lampiran 15 Hasil Validasi Ahli Media Pembelajaran

Hasil Validasi Ahli Media Pembelajaran

Judul E-LKPD	:	Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (E-LKPD): Praktikum Pencegahan Korosi Menggunakan Ekstrak Daun Jambu Biji (*Psidium guajava linn*)
Mata Pelajaran	:	Kimia (Kelas XII)
Penulis	:	Rukha Maulida
Validator	:	Mar'attus Sholihah
Tanggal	:	28 Maret 2022

Petunjuk Pengisian:

Berilah tanda checklist (√) pada kolom yang paling sesuai dengan penilaian dari Bapak/Ibu, kemudian tambahkan saran atau masukan dari Bapak/Ibu pada kolom yang telah disediakan.

Keterangan:

Skor		**Keterangan**
5	:	Sangat Baik
4	:	Baik
3	:	Cukup
2	:	Kurang
1	:	Sangat Kurang

No.	Komponen	Skor				
		1	2	3	4	5
Kelayakan Penyajian						
1.	Teknik penyajian				√	
2.	Pendukung penyajian				√	
3.	Penyajian pembelajaran			√		
4.	Koherensi dan keruntutan alur pikir				√	
Kelayakan Bahasa						
1.	Lugas					√
2.	Komunikatif				√	
3.	Kesesuaian dengan kaidah Bahasa Indonesia					√
4.	Kesesuaian penggunaan istilah dan simbol					√
Teknis						
1.	Tulisan					√
2.	Gambar			√		
3.	Video			√		
4.	Ilustrasi			√		

5.	Penampilan Cover					√
6.	Penampilan Isi				√	

(Diadaptasi dan dimodifikasi dari BNSP 2014; Kemendikbud 2017; Darmodjo dan Kaligis, 1992)

Saran

1. Gambar yang digunakan kurang proporsional, sehingga kurang mendukung visualisasi materi.
2. Stimulus dan motivasi untuk peserta didik masih terbatas.
3. Banyak aspek yang sebaiknya dapat dibuat ilustrasi namun tidak disajikan ilustrasinya.

Semarang, 28 Maret 2022

Validator

Mar'attus Solihah, M.Pd.

Lampiran 16 Perhitungan Hasil Validasi Ahli Materi dan Media Pembelajaran

Perhitungan Hasil Validasi Ahli Materi dan Media Pembelajaran

A. Hasil Validasi Ahli Materi

No.	Komponen	Nilai			Nilai X	Keterangan
		Validator I	Validator II	Validator III		
Kelayakan Isi						
1.	Kesesuaian materi dengan Kompetensi Inti (KI) dan Kompetensi Dasar (KD) yang harus dicapai	4	3	4	3,67	Valid
2.	Ketepatan materi	5	3	5	4,33	Sangat Valid
3.	Kelengkapan materi	4	4	4	4	Valid
Penyajian Materi						

4.	Teknik penyajian materi	5	4	5	4,67	Sangat Valid
5.	Sistematika penyusunan materi	5	5	5	5	Sangat Valid
6.	Mengajak peserta didik aktif dalam proses pembelajaran	4	3	4	3,67	Valid
Kebahasaan						
7.	Kejelasan kalimat	4	4	4	4	Valid
8.	Kesesuaian dengan Kaidah Bahasa Indonesia yang benar	5	4	5	4,67	Sangat Valid
9.	Ketepatan struktur kalimat	5	4	5	4,67	Sangat Valid
Green Chemistry						
10.	Materi berbasis *Green Chemistry*	4	4	4	4	Valid
Total					**42,68**	

X			**4,268**	**Sangat Valid**

a. Nilai X Tiap Butir

1. X = $\frac{\sum_{i=1}^{n} bi}{n}$

   X = $\frac{11}{3} = 3{,}67$

2. X = $\frac{\sum_{i=1}^{n} bi}{n}$

   X = $\frac{13}{3} = 4{,}33$

3. X = $\frac{\sum_{i=1}^{n} bi}{n}$

   X = $\frac{12}{3} = 4$

4. X = $\frac{\sum_{i=1}^{n} bi}{n}$

$X = \frac{14}{3} = 4{,}67$

5. $X = \frac{\sum_{i=1}^{n} bi}{n}$

   $X = \frac{15}{3} = 5$

6. $X = \frac{\sum_{i=1}^{n} bi}{n}$

   $X = \frac{11}{3} = 3{,}67$

7. $X = \frac{\sum_{i=1}^{n} bi}{n}$

   $X = \frac{12}{3} = 4$

8. $X = \frac{\sum_{i=1}^{n} bi}{n}$

   $X = \frac{14}{3} = 4{,}67$

9. X = $\frac{\sum_{i=1}^{n} bi}{n}$

X = $\frac{14}{3} = 4{,}67$

10. X = $\frac{\sum_{i=1}^{n} bi}{n}$

X = $\frac{12}{3} = 4$

b. Nilai Rerata Ideal ($\overline{x}$)

$\overline{x}$ = ½ (skor maksimum ideal + skor minimum ideal)

$\overline{x}$ = ½ (5 + 1)

$\overline{x}$ = 3

c. Nilai Simpangan Baku Ideal

Sbi = $\frac{1}{6}$ (skor maksimum ideal – skor minimum ideal)

Sbi = $\frac{1}{6}$ (5 – 1)

Sbi = 0,67

B. Hasil Validasi Ahli Media Pembelajaran

No.	Komponen	Nilai	Nilai X	Keterangan
Kelayakan Penyajian				
1.	Teknik penyajian	4	4	Valid
2.	Pendukung penyajian	4	4	Valid
3.	Penyajian pembelajaran	3	3	Cukup Valid
4.	Koherensi dan keruntutan alur pikir	4	4	Valid
Kelayakan Bahasa				
5.	Lugas	5	5	Sangat Valid
6.	Komunikatif	4	4	Valid
7.	Kesesuaian dengan kaidah Bahasa Indonesia	5	5	Sangat Valid

8.	Kesesuaian penggunaan istilah dan simbol	5	5	Sangat Valid
Teknis				
9.	Tulisan	5	5	Sangat Valid
10.	Gambar	3	3	Cukup Valid
11.	Video	3	3	Cukup Valid
12.	Ilustrasi	3	3	Cukup Valid
13.	Penampilan Cover	5	5	Sangat Valid
14.	Penampilan Isi	4	4	Valid
Total			57	Valid
X			4,07	Valid

a. Nilai X Tiap Butir

1. X = $\frac{\sum_{i=1}^{n} bi}{n}$

   X = $\frac{4}{1} = 4$

2. X = $\frac{\sum_{i=1}^{n} bi}{n}$

   X = $\frac{4}{1} = 4$

3. X = $\frac{\sum_{i=1}^{n} bi}{n}$

   X = $\frac{3}{1} = 3$

4. X = $\frac{\sum_{i=1}^{n} bi}{n}$

   X = $\frac{4}{1} = 4$

5. X = $\frac{\sum_{i=1}^{n} bi}{n}$

$X = \frac{5}{1} = 5$

6. $X = \frac{\sum_{i=1}^{n} bi}{n}$

   $X = \frac{4}{1} = 4$

7. $X = \frac{\sum_{i=1}^{n} bi}{n}$

   $X = \frac{5}{1} = 5$

8. $X = \frac{\sum_{i=1}^{n} bi}{n}$

   $X = \frac{5}{1} = 5$

9. $X = \frac{\sum_{i=1}^{n} bi}{n}$

   $X = \frac{5}{1} = 5$

10. X = $\frac{\sum_{i=1}^{n} bi}{n}$

X = $\frac{3}{1} = 3$

11. X = $\frac{\sum_{i=1}^{n} bi}{n}$

X = $\frac{3}{1} = 3$

12. X = $\frac{\sum_{i=1}^{n} bi}{n}$

X = $\frac{3}{1} = 3$

13. X = $\frac{\sum_{i=1}^{n} bi}{n}$

X = $\frac{5}{1} = 5$

14. X = $\frac{\sum_{i=1}^{n} bi}{n}$

$X = \frac{4}{1} = 4$

d. Nilai Rerata Ideal ($\overline{x}$)

$\overline{x}$ = ½ (skor maksimum ideal + skor minimum ideal)

$\overline{x}$ = ½ (5 + 1)

$\overline{x}$ = 3

e. Nilai Simpangan Baku Ideal

Sbi = $\frac{1}{6}$ (skor maksimum ideal – skor minimum ideal)

Sbi = $\frac{1}{6}$ (5 – 1)

Sbi = 0,67

Lampiran 17 Hasil Angket Respon Peserta Didik

Hasil Angket Respon Peserta Didik

A. Kelompok Uji Coba *Initial Developmental Testing*

No	Peserta Didik	Skor Setiap Pertanyaan													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1.	PD1	4	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	4	5	5
2.	PD2	5	5	5	4	4	5	5	5	5	4	4	5	5	5
3.	PD3	4	4	5	4	5	4	4	4	4	4	4	5	5	5
4.	PD4	4	5	5	5	5	5	5	4	5	5	4	5	4	5
5.	PD5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	4	5
6.	PD6	5	5	4	5	4	4	5	5	4	5	5	4	5	5
7.	PD7	5	4	5	4	5	4	4	4	4	4	4	5	5	5
8.	PD8	4	4	5	5	5	5	5	4	5	5	4	5	4	5

9.	PD9	5	4	4	5	4	4	5	5	4	5	5	4	5	5
10.	PD10	4	5	5	5	4	5	5	5	5	5	4	4	5	5
11.	PD11	5	4	5	4	5	4	4	4	4	4	4	5	5	5
12.	PD12	5	4	5	4	4	5	5	5	5	4	4	5	5	5
13.	PD13	4	5	4	5	5	5	5	5	5	4	4	5	5	5
14.	PD14	5	5	4	4	4	5	5	5	5	4	4	5	5	5
15.	PD15	5	5	5	4	4	4	5	5	4	5	4	5	4	4
16.	PD16	5	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	4	5	5
17.	PD17	4	4	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	5
18.	PD18	4	5	5	4	4	4	5	4	4	5	4	4	5	4
19.	PD19	5	5	5	4	4	5	4	4	4	5	5	4	5	5
20.	PD20	4	4	5	4	5	4	5	5	5	5	4	4	4	5
21.	PD21	5	5	4	5	4	4	4	5	4	4	5	4	4	5
22.	PD22	4	5	5	4	5	5	4	5	4	4	4	5	5	5

23.	PD23	4	5	4	4	4	5	4	4	5	4	4	5	4	5
24.	PD24	5	4	5	5	5	4	5	4	5	5	5	5	5	4
25.	PD25	4	5	5	5	4	5	5	5	4	5	5	4	4	5
26.	PD26	5	5	4	5	4	5	5	4	4	4	5	5	4	4
27.	PD27	5	5	5	5	5	4	5	5	4	5	5	5	4	5
28.	PD28	4	4	5	5	5	4	4	4	4	4	5	4	4	5
29.	PD29	5	5	5	5	5	5	4	4	5	4	5	5	4	5
30.	PD30	5	5	4	5	4	5	5	5	5	5	4	4	5	5
31.	PD31	4	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	4	5	5
32.	PD32	5	5	5	4	4	5	5	5	5	4	4	5	5	5
33.	PD33	4	4	5	4	5	4	4	4	4	4	4	5	5	5
34.	PD34	4	5	5	5	5	5	5	4	5	5	4	5	4	5
35.	PD35	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	4	5
36.	PD36	4	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	4	5	5

Lampiran 18 Perhitungan Hasil Angket Respon Peserta Didik

Perhitungan Hasil Angket Respon Peserta Didik

A. Initial Developmental Testing

No	Peserta Didik	Skor Setiap Pertanyaan													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1.	PD1	4	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	4	5	5
2.	PD2	5	5	5	4	4	5	5	5	5	4	4	5	5	5
3.	PD3	4	4	5	4	5	4	4	4	4	4	4	5	5	5
4.	PD4	4	5	5	5	5	5	5	4	5	5	4	5	4	5
5.	PD5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	4	5
6.	PD6	5	5	4	5	4	4	5	5	4	5	5	4	5	5
7.	PD7	5	4	5	4	5	4	4	4	4	4	4	5	5	5
8.	PD8	4	4	5	5	5	5	5	4	5	5	4	5	4	5
9.	PD9	5	4	4	5	4	4	5	5	4	5	5	4	5	5

10.	PD10	4	5	5	5	4	5	5	5	5	5	4	4	5	5
11.	PD11	5	4	5	4	5	4	4	4	4	4	4	5	5	5
12.	PD12	5	4	5	4	4	5	5	5	5	4	4	5	5	5
13.	PD13	4	5	4	5	5	5	5	5	5	4	4	5	5	5
14.	PD14	5	5	4	4	4	5	5	5	5	4	4	5	5	5
15.	PD15	5	5	5	4	4	4	5	5	4	5	4	5	4	4
16.	PD16	5	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	4	5	5
17.	PD17	4	4	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	5
18.	PD18	4	5	5	4	4	4	5	4	4	5	4	4	5	4
19.	PD19	5	5	5	4	4	5	4	4	4	5	5	4	5	5
20.	PD20	4	4	5	4	5	4	5	5	5	5	4	4	4	5
21.	PD21	5	5	4	5	4	4	4	5	4	4	5	4	4	5
22.	PD22	4	5	5	4	5	5	4	5	4	4	4	5	5	5
23.	PD23	4	5	4	4	4	5	4	4	5	4	4	5	4	5

24.	PD24	5	4	5	5	5	4	5	4	5	5	5	5	5	4
25.	PD25	4	5	5	5	4	5	5	5	4	5	5	4	4	5
26.	PD26	5	5	4	5	4	5	5	4	4	4	5	5	4	4
27.	PD27	5	5	5	5	5	4	5	5	4	5	5	5	4	5
28.	PD28	4	4	5	5	5	4	4	4	4	4	5	4	4	5
29.	PD29	5	5	5	5	5	5	4	4	5	4	5	5	4	5
30.	PD30	5	5	4	5	4	5	5	5	5	5	4	4	5	5
31.	PD31	4	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	4	5	5
32.	PD32	5	5	5	4	4	5	5	5	5	4	4	5	5	5
33.	PD33	4	4	5	4	5	4	4	4	4	4	4	5	5	5
34.	PD34	4	5	5	5	5	5	5	4	5	5	4	5	4	5
35.	PD35	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	4	5
36.	PD36	4	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	4	5	5
Total		163	169	172	165	162	167	169	165	163	164	161	166	165	176

Rata-rata	4,53	4,69	4,78	4,58	4,50	4,64	4,69	4,58	4,53	4,56	4,47	4,61	4,58	4,89
Keterangan	Sangat Praktis	Sangat Praktis	Sangat Praktis	Sangat Praktis	Sangat Praktis	Sangat Praktis	Sangat Praktis	Sangat Praktis	Sangat Praktis	Sangat Praktis	Sangat Praktis	Sangat Praktis	Sangat Praktis	Sangat Praktis
Rata-rata skor total										4,62				
Keterangan										Sangat Praktis				

a. Nilai X Tiap Butir

1. $X = \frac{\sum_{i=1}^{n} bi}{n}$

   $X = \frac{163}{36} = 4{,}53$

2. $X = \frac{\sum_{i=1}^{n} bi}{n}$

   $X = \frac{169}{36} = 4{,}69$

3. $X = \frac{\sum_{i=1}^{n} bi}{n}$

$$X = \frac{172}{36} = 4{,}78$$

4. $$X = \frac{\sum_{i=1}^{n} bi}{n}$$

$$X = \frac{165}{36} = 4{,}58$$

5. $$X = \frac{\sum_{i=1}^{n} bi}{n}$$

$$X = \frac{162}{36} = 4{,}5$$

6. $$X = \frac{\sum_{i=1}^{n} bi}{n}$$

$$X = \frac{167}{36} = 4{,}64$$

7. $$X = \frac{\sum_{i=1}^{n} bi}{n}$$

$$X = \frac{169}{36} = 4{,}69$$

8. $X = \frac{\sum_{i=1}^{n} bi}{n}$

$X = \frac{165}{36} = 4{,}58$

9. $X = \frac{\sum_{i=1}^{n} bi}{n}$

$X = \frac{163}{36} = 4{,}53$

10. $X = \frac{\sum_{i=1}^{n} bi}{n}$

$X = \frac{164}{36} = 4{,}56$

11. $X = \frac{\sum_{i=1}^{n} bi}{n}$

$X = \frac{161}{36} = 4{,}47$

12. $X = \frac{\sum_{i=1}^{n} bi}{n}$

$X = \frac{166}{36} = 4{,}61$

13. X = $\frac{\sum_{i=1}^{n} bi}{n}$

X = $\frac{165}{36} = 4{,}58$

14. X = $\frac{\sum_{i=1}^{n} bi}{n}$

X = $\frac{176}{36} = 4{,}89$

b. Nilai Rerata Ideal ($\overline{x}$)

$\overline{x}$ = ½ (skor maksimum ideal + skor minimum ideal)

$\overline{x}$ = ½ (5 + 1)

$\overline{x}$ = 3

c. Nilai Simpangan Baku Ideal

Sbi = $\frac{1}{6}$ (skor maksimum ideal – skor minimum ideal)

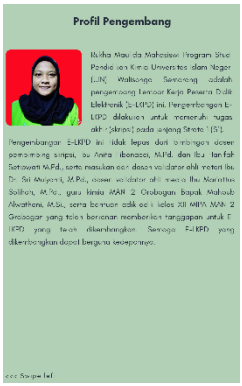
Sbi = $\frac{1}{6}$ (5 – 1)

Sbi = 0,67

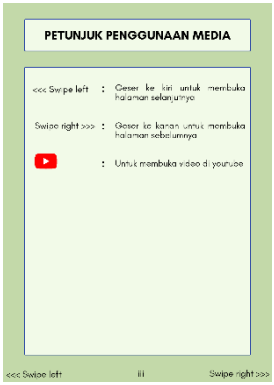
Lampiran 19 Gambaran E-LKPD

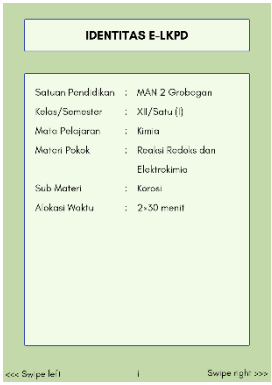
GAMBARAN UMUM E-LKPD

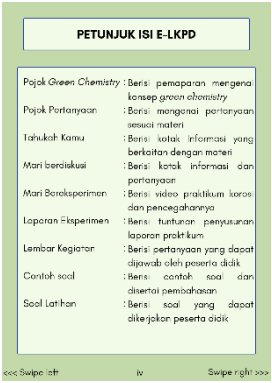
1. Sampul E-LKPD



2. Identitas E-LKPD dan Petunjuk Penggunaan





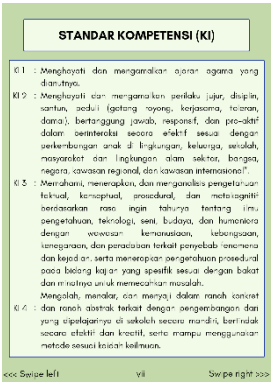


PETUNJUK ISI E-LKPD

Pojok *Green Chemistry*	: Berisi pemaparan mengenai konsep *green chemistry*
Pojok Pertanyaan	: Berisi mengenai pertanyaan sesuai materi
Tahukah Kamu	: Berisi kotak informasi yang berkaitan dengan materi
Mari berdiskusi	: Berisi kotak informasi dan pertanyaan
Mari Bereksperimen	: Berisi video praktikum korosi dan pencegahannya
Laporan Eksperimen	: Berisi tuntunan penyusunan laporan praktikum
Lembar Kegiatan	: Berisi pertanyaan yang dapat dijawab oleh peserta didik
Contoh soal	: Berisi contoh soal dan disertai pembahasan
Soal Latihan	: Berisi soal yang dapat dikerjakan peserta didik

<<< Swipe left iv Swipe right >>>

3. KI, KD, Indikator dan Tujuan Pembelajaran



STANDAR KOMPETENSI (KI)

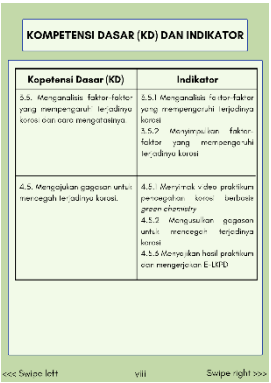
KI 1 : Menghayati dan mengamalkan ajaran agama yang dianutnya.

KI 2 : Menghayati dan mengamalkan perilaku jujur, disiplin, santun, peduli (gotong royong, kerjasama, toleran, damai), bertanggung jawab, responsif, dan pro-aktif dalam berinteraksi secara efektif sesuai dengan perkembangan anak di lingkungan, keluarga, sekolah, masyarakat dan lingkungan alam sekitar, bangsa, negara, kawasan regional, dan kawasan internasional".

KI 3 : Memahami, menerapkan, dan menganalisis 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.

KI 4 : Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkrit dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, bertindak secara efektif dan kreatif, serta mampu menggunakan metode sesuai kaidah keilmuan.

<<< Swipe left vii Swipe right >>>



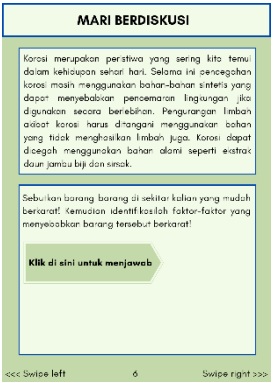
KOMPETENSI DASAR (KD) DAN INDIKATOR

Kopetensi Dasar (KD)	Indikator
3.5. Menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya korosi dan cara mengatasinya	3.5.1 Menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya korosi 3.5.2 Menyimpulkan faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya korosi
4.5. Mengajukan gagasan untuk mencegah terjadinya korosi.	4.5. Menyimak video praktikum pencegahan korosi berbasis *green chemistry* 4.5.2 Mengusulkan gagasan untuk mencegah terjadinya korosi 4.5.3 Menyelesaikan hasil praktikum dan mengerjakan E-LKPD

<<< Swipe left viii Swipe right >>>

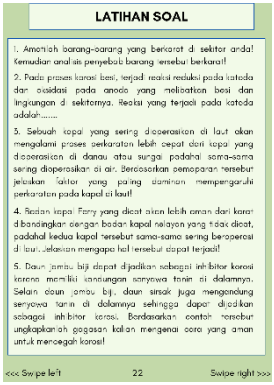
4. Materi

5. Lembar Diskusi



6. Praktikum

7. Soal Latihan



LATIHAN SOAL

1. Amatilah barang-barang yang berkarat di sekitar anda! Kemudian analisis penyebab barang tersebut berkarat!

2. Pada proses korosi besi, terjadi reaksi reduksi pada katoda dan oksidasi pada anoda yang melibatkan besi dan lingkungan di sekitarnya. Reaksi yang terjadi pada katoda adalah.....

3. Sebuah kapal yang sering dioperasikan di laut akan mengalami proses perkaratan lebih cepat dari kapal yang dioperasikan di danau atau sungai padahal sama-sama sering dioperasikan di air. Berdasarkan pernyataan tersebut jelaskan faktor yang paling dominan mempengaruhi perkaratan pada kapal di laut!

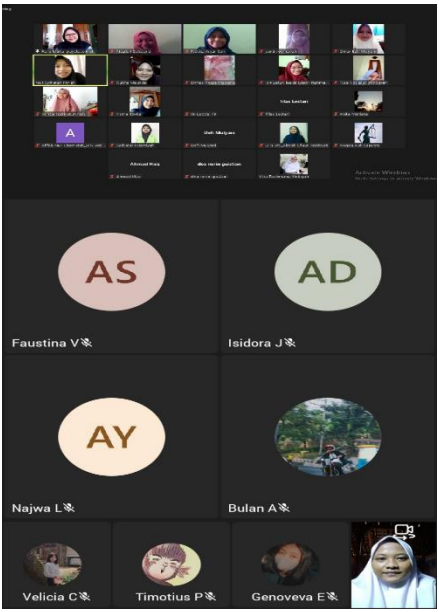
4. Badan kapal Ferry yang dicat akan lebih aman dari karat dibandingkan dengan badan kapal nelayan yang tidak dicat, padahal kedua kapal tersebut sama-sama sering beroperasi di laut. Jelaskan mengapa hal tersebut dapat terjadi!

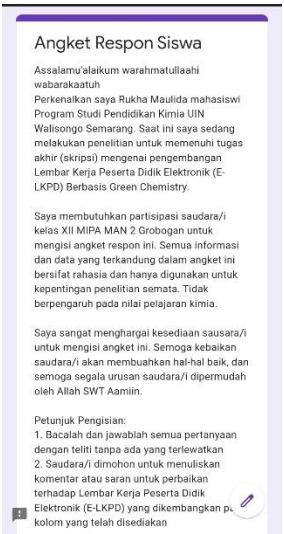
5. Daun jambu biji dapat dijadikan sebagai inhibitor korosi karena memiliki kandungan senyawa tanin di dalamnya. Selain daun jambu biji, daun sirsak juga mengandung senyawa tanin di dalamnya sehingga dapat dijadikan sebagai inhibitor korosi. Berdasarkan contoh tersebut ungkapkanlah gagasan kalian mengenai cara yang aman untuk mencegah korosi!

<<< Swipe left 22 Swipe right >>>

Lampiran 20 Dokumentasi Penelitian

DOKUMENTASI PENELITIAN





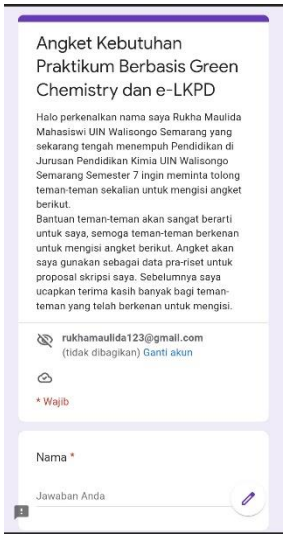
Angket Respon Siswa

Assalamu'alaikum warahmatullaahi wabarakaatuh
Perkenalkan saya Rukha Maulida mahasiswi Program Studi Pendidikan Kimia UIN Walisongo Semarang. Saat ini saya sedang melakukan penelitian untuk memenuhi tugas akhir (skripsi) mengenai pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (E-LKPD) Berbasis Green Chemistry.

Saya membutuhkan partisipasi saudara/i kelas XII MIPA MAN 2 Grobogan untuk mengisi angket respon ini. Semua informasi dan data yang terkandung dalam angket ini bersifat rahasia dan hanya digunakan untuk kepentingan penelitian semata. Tidak berpengaruh pada nilai pelajaran kimia.

Saya sangat menghargai kesediaan sausara/i untuk mengisi angket ini. Semoga kebaikan saudara/i akan membuahkan hal-hal baik, dan semoga segala urusan saudara/i dipermudah oleh Allah SWT Aamiin.

Petunjuk Pengisian:
1. Bacalah dan jawablah semua pertanyaan dengan teliti tanpa ada yang terlewatkan
2. Saudara/i dimohon untuk menuliskan komentar atau saran untuk perbaikan terhadap Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (E-LKPD) yang dikembangkan pa
kolom yang telah disediakan



Angket Kebutuhan Praktikum Berbasis Green Chemistry dan e-LKPD

Halo perkenalkan nama saya Rukha Maulida Mahasiswi UIN Walisongo Semarang yang sekarang tengah menempuh Pendidikan di Jurusan Pendidikan Kimia UIN Walisongo Semarang Semester 7 ingin meminta tolong teman-teman sekalian untuk mengisi angket berikut.
Bantuan teman-teman akan sangat berarti untuk saya, semoga teman-teman berkenan untuk mengisi angket berikut. Angket akan saya gunakan sebagai data pra-riset untuk proposal skripsi saya. Sebelumnya saya ucapkan terima kasih banyak bagi teman-teman yang telah berkenan untuk mengisi.

rukhamaulida123@gmail.com
(tidak dibagikan) Ganti akun

* Wajib

Nama *

Jawaban Anda

Lampiran 21 Surat Penunjukan Pembimbing Skripsi

KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Jl. Prof. Dr. Hamka Km.02 Ngaliyan (024)76466633 Semarang 50185

19 Juli 2021

Nomor : B-2547/Un.10.08/J.7/DA.08.05/07/2021
Lamp : -
Hal : **Penunjukan Pembimbing Skripsi**

Kepada Yth.

1. Anita Fibonacci, M.Pd.
2. Hanifah Setiowati, M.Pd.

Di Tempat

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Diberitahukan dengan hormat, bahwa mahasiswa tersebut di bawah ini:

Nama : Rukha Maulida

NIM : 1808076041

Telah diizinkan untuk memulai menyusun rencana/ proposal skripsi dengan judul: **"PENGEMBANGAN LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK ELEKTRONIK (E-LKPD) BERBASIS *GREEN CHEMISTRY*: PENCEGAHAN KOROSI MENGGUNAKAN EKSTRAK DAUN JAMBU BIJI (*Psidium guajava linn*)"**

Sehubungan dengan hal tersebut, Ketua Jurusan Pendidikan Kimia menunjuk Saudara:

1. Anita Fibonacci, M. Pd. sebagai dosen pembimbing metodologi.
2. Hanifah Setiowati, M. Pd. sebagai dosen pembimbing materi.

Demikian atas perkenan dan perhatiannya, kami sampaikan terima kasih.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

A.n. Dekan,
Ketua Jurusan Pendidikan Kimia

KEMENTERIAN AGAMA FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI UIN WALISONGO SEMARANG REPUBLIK INDONESIA

Atik Rahmawati, S.Pd., M.Si
NIP. 197505162006042002

Tembusan:

1. Mahasiswa yang bersangkutan
2. Arsip

Lampiran 22 SuratPermohonan Uji Validasi

KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Jl. Prof. Dr. Hamka Km.02 Ngaliyan (024)76466633 Semarang 50185

Semarang, 10 Maret 2022

Nomor : B.1302/Un.10.8/D1/SP.01.06/03/2022

Lamp : -

Hal : Permohonan Uji Validasi

Kepada Yth.

1. Dr. Sri Mulyanti, M.Pd.
2. Mar'attus Solihah, M.Pd.
3. Resi Pratiwi, M. Pd.
4. Mahbub Alwathoni, M.Si.

di tempat.

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Diberitahukan dengan hormat, bersama ini kami sampaikan bahwa mahasiswa di bawah ini :

Nama : Rukha Maulida

NIM : 1808076041

Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi / Pendidikan Kimia

Dengan ini kami mohon kesediaan Dr. Sri Mulyanti, M.Pd, Resi Pratiwi, M. Pd., Mahbub Alwathoni, M.Si menjadi validator ahli materi, dan Mar'attus Solihah, M.Pd menjadi validator ahli media pada produk skripsi mahasiswa kami tersebut.

Demikian atas perhatian dan kerjasamanya disampaikan terima kasih.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

A.n. Dekan,
Wakil Dekan I

Saminanto

Tembusan Yth.

1. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo (sebagai laporan)
2. Arsip

Lampiran 23 Surat Izin Penelitian Ke Sekolah

KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO SEMARANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Alamat: Jl. Prof. Dr. Hamka Km. 1 Semarang Telp. 024 76433366 Semarang 50185E-mail: fst@walisongo.ac.id. Web: Http://fst.walisongo.ac.id

Semarang, 5 Februari 2022

Nomor : B.5104/Un.10.8/D1/SP.01.08/12/2021
Lamp : Proposal Skripsi
Hal : Permohonan Izin Riset

Kepada Yth.
Kepala Sekolah MAN 2 Grobogan ditempat
Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Diberitahukan dengan hormat dalam rangka penulisan skripsi, bersama ini kami sampaikan bahwa mahasiswa di bawah ini :

Nama	:	Rukha Maulida
NIM	:	1808076041
Fakultas/ Jurusan	:	Sains dan Teknologi/ Pendidikan Kimia
Judul Penelitian	:	Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (E-LKPD) Berbasis *Green Chemistry*: Pencegahan Korosi Menggunakan Ekstrak Daun Jambu Biji (*Psidium guajava linn*)
Dosen Pembimbing	:	1. Anita Fibonacci, M. Pd. 2. Hanifah Setiowati, M. Pd.

Mahasiswa tersebut membutuhkan data-data dengan tema/judul skripsi yang sedang disusun, oleh karena itu kami mohon mahasiswa tersebut diijinkan melaksanakan Riset di sekolah yang Bapak/Ibu pimpin.

Demikian atas perhatian dan kerjasamanya disampaikan terima kasih.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

A.n. Dekan,
Wakil Dekan I

KEMENTERIAN AGAMA FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI UIN WALISONGO SEMARANG REPUBLIK INDONESIA

Saminanto

Tembusan Yth.
1. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo (sebagai laporan)
2. Arsip

Lampiran 24 Riwayat Hidup

RIWAYAT HIDUP

A. Identitas Diri

1. Nama Lengkap : Rukha Maulida
2. Tempat & Tgl. Lahir : Grobogan, 16 Agustus 2000
3. Alamat Rumah : Mrisi (5/3), Tanggungharjo Grobogan
4. Hp : 085293126883
5. E-mail : rukhamaulida123@gmail.com

B. Riwayat Pendidikan

1. Pendidikan Formal:
   a. TK Dharma Wanita Mrisi Tanggungharjo Grobogan
   b. SD Negeri 2 Mrisi Tanggungharjo Grobogan
   c. MTs Salafiyah Mrisi Tanggungharjo Grobogan
   d. MA Negeri 2 Grobogan

C. Karya Ilmiah

a. Sinkretisme Arsitektur Islam dan Nusantara pada Bangunan Masjid Agung Jawa Tengah (Jurnal Historia Universitas Muhammadiyah Metro)

Semarang, 6 Juni 2020

Rukha Maulida
NIM. 1808076041

Lampiran 25 Hasil Nilai PAT Peserta Didik Subjek Uji Coba

Hasil PAT Semester Ganjil Peserta Didik Subjek Uji Coba

No	Peserta Didik	Nilai
1.	PD1	63
2.	PD2	58
3.	PD3	58
4.	PD4	63
5.	PD5	50
6.	PD6	53
7.	PD7	40
8.	PD8	60
9.	PD9	60
10.	PD10	58
11.	PD11	40
12.	PD12	53
13.	PD13	58
14.	PD14	60
15.	PD15	60
16.	PD16	48
17.	PD17	45
18.	PD18	40
19.	PD19	60
20.	PD20	40
21.	PD21	45
22.	PD22	63
23.	PD23	60
24.	PD24	63
25.	PD25	58
26.	PD26	58
27.	PD27	50
28.	PD28	43
29.	PD29	40
30.	PD30	60
31.	PD31	60
32.	PD32	63
33.	PD33	58
34.	PD34	45
35.	PD35	50
36.	PD36	53