



# JURNAL RISET PEMBELAJARAN KIMIA

Volume 8 Edisi 1 Bulan Februari 2023, halaman 1-12

<https://journal.student.uny.ac.id/index.php/jrpk>

---

## PENGEMBANGAN E-MODUL BERBASIS *GREEN CHEMISTRY* UNTUK SMA KELAS XI MATERI ASAM BASA

Winda Putri Permata Sari\*, Universitas Negeri Yogyakarta, Indonesia

\*email : windaputri.2018@student.uny.ac.id

**Abstrak.** Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan, menentukan karakteristik, dan mengetahui kualitas e-modul asam basa berbasis *green chemistry* yang diakses melalui link website <http://bitly.ws/sB4f>. Karakteristik produk ditentukan berdasarkan validasi ahli pembelajaran kimia dan penilaian kualitas berdasarkan uji kepatgunaan oleh *reviewer* guru dan uji keterbacaan siswa. Penelitian pengembangan ini menggunakan model 4D, yang terdiri dari tahap *define* (pendefinisian), *design* (perancangan), *develop* (pengembangan), *disseminate* (penyebaran). Penilaian kualitas e-modul dilakukan oleh 6 *reviewer* guru Kimia kelas XI SMA Negeri di Kabupaten Sleman dan 60 siswa kelas XI. Penelitian ini menghasilkan e-modul asam basa berbasis *green chemistry* dengan 4 kegiatan belajar yaitu asam basa di lingkungan sekitar, teori asam basa, derajat keasaman (pH), dan indikator asam basa yang dilengkapi dengan info *greenmist*, fitur link, dan video pembelajaran. Berdasarkan hasil penilaian diperoleh skor rata-rata sebesar 101,8 dari skor maksimal 115 dan persentase keidealan 88,5 % dengan kategori Sangat Baik (SB). Hasil uji keterbacaan siswa diperoleh skor rata-rata sebesar 77,67 dari skor maksimal 90 dan persentase keidealan 86,3% dengan kategori Sangat Baik (SB). Dengan demikian, e-modul dapat digunakan guru dan siswa sebagai sumber belajar mandiri yang dapat meningkatkan kesadaran terhadap lingkungan.

**Kata Kunci:** *Asam, Basa, E-modul, Green Chemistry, Pengembangan*

### ***DEVELOPMENT OF GREEN CHEMISTRY-BASED E-MODULES FOR HIGH SCHOOL CLASS XI ACID-BASE MATERIALS***

**Abstract.** *This research aims to develop, determine characteristics, and the quality of the green chemistry-based acid-base e-module which is accessed via link <http://bitly.ws/sB4f>. Product characteristics are determined based on validation from chemistry learning experts and quality assessments based on usability tests by teacher reviewers and student readability tests. This research uses a 4D model, which consists of the define, design, develop, and disseminate stages. The e-module quality assessment was carried out by 6 reviewers of class XI Chemistry teachers at State High Schools in Sleman Regency and 60 of 11<sup>th</sup> grade students. This research produces an acid-base e-module based on green chemistry with 4 learning activities, namely acids and bases in the surrounding environment, acid-base theory, acidity degree (pH), and acid-base indicators which are equipped with green mist info, link features, and learning videos. Based on the assessment results, an average score of 101.8 out of 115 and an ideal percentage of 88.5% in the Very Good category. The students' readability test results obtained an average score of 77.67 out of 90 and an ideal percentage of 86.3% in the Very Good category. Thus, e-modules can be used by teachers and students as an independent learning resource that can increase environmental awareness.*

**Keywords:** *Acid, Base, E-module, Green Chemistry, Development*

## PENDAHULUAN

Pembelajaran tidak hanya kegiatan guru dalam menyampaikan materi dan tugas-tugas di dalam kelas, tetapi terdapat proses interaksi antara guru, siswa, dan sumber belajar (Musfiqon, 2012). Jenis sumber belajar yang digunakan oleh guru beragam seperti diktat, modul, alat peraga dan lain sebagainya. Berdasarkan studi pendahuluan melalui wawancara dengan guru kimia kelas XI di SMA se-Kabupaten Sleman menjelaskan bahwa sumber belajar yang sering digunakan untuk menunjang proses pembelajaran adalah modul.

Modul merupakan sumber belajar yang digunakan oleh guru, sebagai sarana pembelajaran dan pengajaran (Daryanto, 2013). Modul konvensional yaitu bentuk cetak dapat membuat siswa merasa bosan dan kurang tertarik mempelajari materi yang dapat mempengaruhi hasil belajar siswa (Dewi & Lestari, 2021). Keberadaan teknologi memiliki peran terhadap proses pembelajaran seperti *smartphone* sebagai media pembelajaran digunakan guru untuk dapat melangsungkan kegiatan belajar mengajar (KBM) pada masa pandemi Covid-19 dengan lancar (Jones, Spichkov, & Spencer, 2018). Hal ini menjadi motivasi bagi guru untuk berinovasi dalam mengembangkan pembelajaran berbasis teknologi yang sesuai tuntutan zaman dan kondisi yang ada seperti modul menjadi e-modul.

E-modul dapat mempermudah siswa untuk mempelajari konsep dan meningkatkan kualitas serta motivasi belajar (Nugraha, Subarkah, & Sari, 2015). E-modul menyajikan visualisasi pada konsep yang dipelajari karena memiliki karakteristik dan komponen seperti gambar, audio, dan video interaktif sehingga cocok digunakan dalam pembelajaran (Syamsurizal, Haryanto, & Chairani, 2015). Penggunaan e-modul sebagai sumber belajar dapat diterapkan di berbagai bidang ilmu pengetahuan, salah satunya ilmu kimia.

Ilmu kimia merupakan salah satu mata pelajaran yang sangat penting karena erat kaitannya dengan lingkungan dan kehidupan sehari-hari. Ilmu kimia memiliki karakteristik sebagai ilmu yang abstrak, penyederhanaan dari keadaan sebenarnya, berurutan, dan berjenjang. Karakter inilah yang membuat ilmu kimia termasuk salah satu ilmu yang sulit untuk dipelajari siswa (Erlina, 2012). Mentransfer ilmu kimia selain ditunjang dengan e-modul, dapat juga melibatkan lingkungan sekitar untuk memudahkan siswa memahami materi.

Penggunaan bahan di lingkungan sekitar pada pembelajaran kimia tentu juga dapat mengurangi limbah kimia dan polusi terhadap lingkungan (Subamia, Wahyuni, & Widiasih, 2017). Usaha ini merupakan kegiatan mengintegrasikan *green chemistry* ke dalam pembelajaran kimia (Karpudewan, Ismail, & Mohamed, 2016). *Green chemistry* adalah kimia yang mengembangkan proses baru dan produk dengan dampak lebih rendah, lebih sedikit energi dan sumber daya alam, mengurangi atau menghilangkan toksisitas, dan meminimalkan limbah, serta sosial dan ekonomi dapat diterima (Perosa, Gonella, & Spagnolo, 2019).

*Green chemistry* berlaku pada seluruh siklus produk kimia, termasuk desain, pembuatan, penggunaan, dan pembuangan akhir (Juanjuan & Shengli, 2020). Kegiatan dengan *green chemistry* dirancang dengan cara berkelanjutan, aman, dan tidak menimbulkan polusi yang mana bahan yang digunakan sedikit dan tidak menimbulkan limbah (Mitarlis *et al.*, 2017). Menurut Haack, Hutchison, dan Kirchoff (2005) mengintegrasikan *green chemistry* dalam kurikulum dan pembelajaran disebut *green chemistry education*. Hal ini dilakukan dengan harapan dapat mengembangkan kesadaran lingkungan pada siswa sejak dini. Adanya konsep *green chemistry* yang diintegrasikan ke pembelajaran dapat mendidik generasi ke depan menuju *sustainable society* (Klingshirn & Spessard, 2009).

Pembelajaran dengan *green chemistry*, dapat memberikan pengetahuan berkualitas tinggi dan pedagogis, menumbuhkan kesadaran lingkungan, dan sikap positif terhadap masalah lingkungan (Mitarlis *et al.*, 2017). Pada umumnya, pengintegrasian *green chemistry* diterapkan di laboratorium, meskipun pengintegrasian tidak harus fokus pada

laboratorium (Klingshirn *et al.*, 2009). Menurut Cann (2013), guru sebagai pendidik dapat mengintegrasikan *green chemistry* ke dalam buku-buku teks. Sayangnya, berdasarkan hasil wawancara dengan guru kimia di beberapa SMA se- Kabupaten Sleman, salah satunya terdapat sekolah yang merupakan sekolah Adiwiyata Nasional diketahui bahwa belum adanya pengenalan prinsip *green chemistry* dalam pembelajaran kimia dan sumber belajar seperti modul atau e-modul.

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, peneliti tertarik untuk mengembangkan modul elektronik atau e-modul yang mudah dibuka dimana dan kapan saja yang diintegrasikan dari *green chemistry*. Sesuai dengan KD kelas XI, materi kelas XI semester 2 yang relevan untuk dikembangkan dalam e-modul ini adalah asam basa. Asam basa merupakan bahan yang mudah ditemukan dan penerapannya dilakukan di kehidupan sehari-hari seperti perubahan warna bunga dengan berdasarkan pH tanah, penggunaan produk rumah tangga, produk *skincare*, obat-obatan, dan buah-buahan (Nurisa & Sulisty, 2019). Senyawa asam basa yang berada di lingkungan sekitar banyak dan dapat dimanfaatkan dalam kehidupan sehari-hari serta tidak akan menimbulkan limbah kimia yang bahayanya seperti penggunaan bahan kimia di laboratorium (Nurisa *et al.*, 2019).

## METODE

Penelitian ini menggunakan metode penelitian *Research and Development* (R&D) dengan model pengembangan *Four-D* (4D) *model* yang dikembangkan oleh Thiagarajan (1974) terdiri dari empat tahap utama yaitu: (1) *Define* (pendefinisian atau tahap analisis kebutuhan); (2) *Design* (perancangan); (3) *Develop* (pengembangan atau tahap menghasilkan produk); (4) *Disseminate* (penyebarluasan atau implementasi).

Berikut tahapan model 4D dalam pengembangan e-modul asam basa berbasis *green chemistry*:

1. Tahap pendefinisian, terbagi menjadi 4 kegiatan yaitu analisis guru, siswa, konsep, tugas, dan spesifikasi tujuan pembelajaran.
2. Tahap perancangan, terdapat penyusunan instrumen, pemilihan media, pemilihan format, dan rancangan produk awal.
3. Tahap pengembangan, dimana produk e-modul ditinjau oleh *peer reviewer*, dilakukan validasi ahli pembelajaran kimia, dan penilaian kualitas dari *reviewer* yaitu 6 guru kimia kelas XI SMA dari SMA Negeri 1 Pakem, SMA Negeri 1 Turi, SMA Negeri 1 Cangkringan, SMA Negeri 2 Ngaglik, SMA Negeri 1 Ngaglik, dan SMA Negeri 2 Sleman, serta uji keterbacaan siswa dilakukan oleh 60 siswa dari SMA Negeri 1 Pakem dan SMA Negeri 1 Ngaglik.
4. Tahap penyebaran, pada tahap ini penyebarluasan terbatas dengan menyebarkan produk kepada para guru kimia di SMA yang telah memberikan penilaian terhadap e-modul yang dikembangkan.

Terdapat dua data yang diperoleh dalam proses pengembangan e-modul asam basa berbasis *green chemistry* yaitu data proses pengembangan dan data kualitas produk yang diperoleh dari *reviewer* dan siswa.

Instrumen penelitian yang digunakan adalah pedoman wawancara, lembar validasi ahli pembelajaran kimia, angket kedapatgunaan, dan angket keterbacaan siswa. Teknik analisis data yang digunakan berupa data kualitatif yang terdiri dari hasil 5 *peer reviewer*, hasil validasi ahli pembelajaran kimia, dan *reviewer* yang berupa komentar atau saran dianalisis secara deskriptif kualitatif serta data kuantitatif yang terdiri dari penilaian guru dan siswa.

Data kualitas e-modul berupa data kuantitatif dianalisis menjadi data kualitatif dengan langkah sebagai berikut:

- Mengubah nilai dari 6 *reviewer* dan 60 siswa yang berupa data kualitatif menjadi kuantitatif dengan ketentuan skala Likert.
- Menjumlah skor masing-masing aspek dan skor seluruh aspek serta menghitung rata-ratanya.
- Mengkonversi skor rata-rata yang diperoleh menjadi kategori kualitas produk secara kualitatif menggunakan pedoman penilaian ideal pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Pedoman Konversi Data

Rentang Skor	Kategori
$\bar{X} > \bar{X}_i + 1,8 \text{ sbi}$	Sangat baik (SB)
$\bar{X}_i + 0,6 \text{ sbi} < \bar{X} \leq \bar{X}_i + 1,8 \text{ sbi}$	Baik (B)
$\bar{X}_i - 0,6 \text{ sbi} < \bar{X} \leq \bar{X}_i + 0,6 \text{ sbi}$	Cukup (C)
$\bar{X}_i - 1,8 \text{ sbi} < \bar{X} \leq \bar{X}_i - 0,6 \text{ sbi}$	Kurang (K)
$\bar{X} \leq \bar{X}_i - 1,8 \text{ sbi}$	Sangat Kurang (SK)

- Menghitung persentase keidealan setiap komponen penilaian.
- Mengkonversi skor rata-rata yang diperoleh menjadi kategori kualitas produk e-modul berbasis *green chemistry* secara kualitatif dengan kriteria yang dapat dilihat pada Tabel 1.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menghasilkan e-modul asam basa berbasis *green chemistry* untuk kelas XI SMA yang dapat diakses melalui *link website* <http://bitly.ws/sB4f>. Pengembangan e-modul ini disusun berdasarkan kerangka/format modul menurut Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi. E-modul asam basa berbasis *green chemistry* berisi 118 halaman dengan 4 kegiatan belajar yaitu asam & basa di lingkungan sekitar, teori asam & basa, derajat keasaman (pH), dan indikator asam & basa yang terdapat info *greenmist* pada setiap kegiatan belajarnya. Info *greenmist* berisi artikel penerapan *green chemistry* yang berkaitan dengan materi asam basa pada masing-masing kegiatan belajar.

### 1. Tahap Pendahuluan

Tahap pendahuluan dilakukan untuk mengidentifikasi dan menentukan dasar permasalahan yang dihadapi dalam proses pembelajaran sehingga melatarbelakangi perlunya pengembangan. Langkah pertama pada tahap pendahuluan terdapat analisis guru dan siswa yang dilakukan dengan wawancara kepada 6 guru SMA di Kabupaten Sleman. Hasil wawancara diperoleh sebagai berikut.

#### a) Penggunaan sumber dan media belajar

Sebagian besar guru, sumber belajar yang digunakan adalah internet, buku paket kelas XI, modul Kemendikbud. Berdasarkan wawancara dari 6 guru di sekolah yang berbeda penggunaan modul elektronik dalam bentuk pdf dan ada beberapa yang telah di flip tetapi hanya sebatas yang bisa dibolak-balik saja. Untuk penggunaan media pembelajaran sebagian telah menggunakan media komik dan video (demonstrasi praktikum) yang dibagikan ke siswa. Penggunaan modul elektronik yang di dalamnya terdapat video, animasi bergerak, dan kuis yang langsung dapat dikerjakan melalui modul belum ada yang menerapkan.

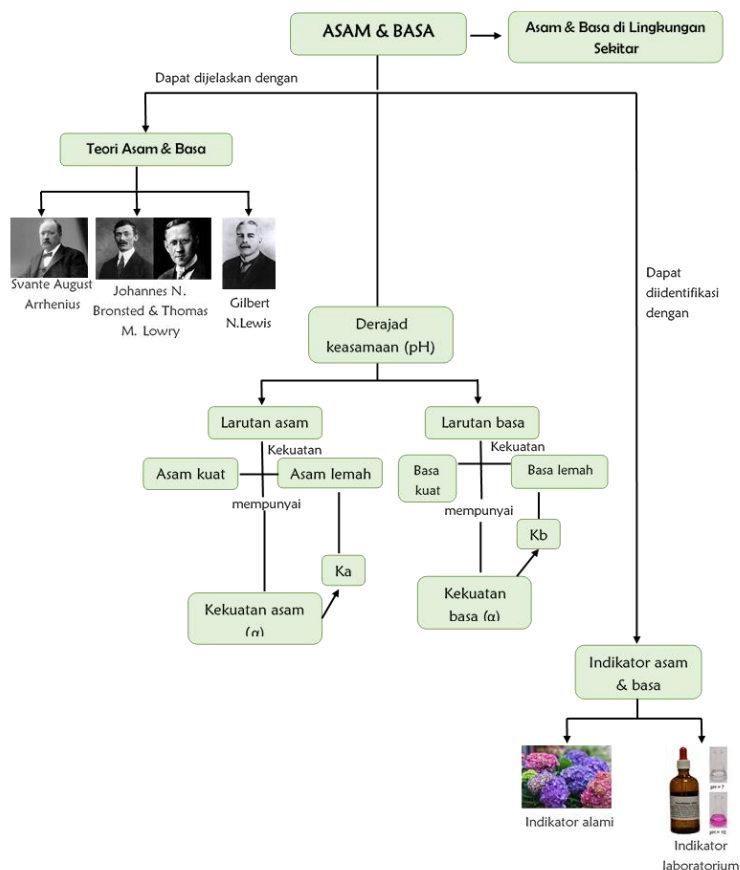
#### b) Pemahaman mengenai prinsip *green chemistry*

Berdasarkan hasil wawancara yang telah dilakukan terhadap guru, diketahui bahwa sebenarnya sebagian besar guru telah menerapkan prinsip *green chemistry* akan tetapi secara tidak langsung menyadari karena masih terbatasnya pengetahuan mengenai prinsip *green chemistry* itu sendiri. Prinsip *green chemistry* dianggap sangat perlu di terapkan dalam pembelajaran agar siswa dalam belajar kimia lebih dekat dengan lingkungan dan lebih meningkatkan sikap cinta lingkungan sekitar. Memadukan atau mengintegrasikan *green chemistry* dalam pembelajaran kimia sejalan dengan pencapaian sekolah bertaraf Adiwiyata.

c) Sumber belajar e-modul berbasis *green chemistry* yang dapat digunakan dalam pembelajaran kimia di kelas

Para responden memberikan tanggapan yang positif dan merasa memerlukan sumber belajar elektronik dan interaktif yang terdapat video atau animasi bergerak untuk menarik perhatian siswa. Selain itu, sumber belajar dengan menerapkan prinsip *green chemistry* juga menarik, penting, dan sangat diperlukan agar siswa lebih dekat dengan lingkungan serta hal ini sejalan dengan kegiatan yang sedang dicanangkan berupa sekolah adiwiyata.

Langkah kedua mengenai analisis tugas dan analisis konsep. Analisis tugas berupa pemilihan materi dalam pengembangan e-modul berbasis *green chemistry* yaitu materi asam basa. Konsep materi asam basa yang dikembangkan dalam e-modul berbasis *green chemistry* mempertimbangkan Kompetensi Inti (KI) dan Kompetensi Dasar (KD) yang tercantum dalam Permendikbud Nomor 37 Tahun 2018. Analisis konsep bertujuan untuk menentukan isi materi dalam e-modul asam basa berbasis *green chemistry* yang dikembangkan. Analisis konsep dibuat dalam bentuk peta konsep pembelajaran yang nantinya digunakan untuk mencapai kompetensi tertentu. Dalam analisis konsep ini, dalam e-modul ini terdapat 4 sub materi pokok seperti: asam & basa di lingkungan sekitar, teori asam & basa, tetapan kesetimbangan air dan derajat keasaman (pH), serta indikator asam & basa. Rancangan peta konsep dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Peta Konsep Materi Asam & Basa

Langkah ketiga mengenai spesifikasi tujuan pembelajaran dari analisis tugas dan analisis konsep dengan menggunakan kata kerja operasional.

## 2. Tahap Desain

Tahap desain dilakukan peneliti dengan pembuatan instrumen penelitian, pembuatan rancangan desain e-modul, dan penyusunan topik untuk fitur *greenmist*, video, penjelasan

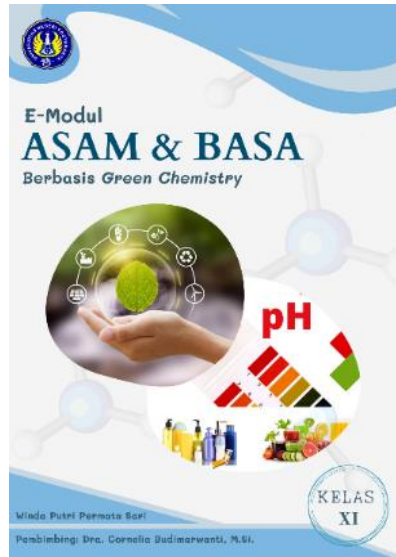
prinsip *green chemistry* yang akan disajikan dalam e-modul yang dikembangkan. Penyusunan instrumen yang digunakan dalam penelitian untuk menilai kelayakan dan kualitas produk yang dikembangkan. Instrumen penelitian yang digunakan pada penelitian ini berupa lembar masukan untuk *peer reviewer* yang sama-sama melakukan penelitian pengembangan, lembar validasi ahli pembelajaran kimia, lembar penilaian kualitas berupa angket kelayakan guru, dan lembar penilaian uji keterbacaan berupa angket keterbacaan siswa.

Lembar validasi ahli pembelajaran kimia terdapat 4 aspek penilaian, yaitu substansi isi, penyajian, bahasa yang digunakan, dan karakteristik/keunggulan produk. Lembar penilaian kualitas produk dikembangkan berdasarkan Badan Standar Nasional Pendidikan (BSNP). Angket kedapatgunaan guru terdapat 5 aspek yang digunakan untuk menilai kualitas dari e-modul asam basa berbasis *green chemistry*, yaitu keunggulan atau karakteristik produk, isi atau materi, kebahasaan yang digunakan, penyajian, dan kegrafikan. Angket keterbacaan siswa terdapat 4 aspek, yaitu isi atau materi, kebahasaan yang digunakan, penyajian, dan kegrafikan.

Langkah kedua yaitu pemilihan media yang disesuaikan dengan analisis tugas dan analisis konsep serta didasarkan pada kebutuhan siswa sebagai pengguna. Berdasarkan hasil wawancara dengan 6 guru di Kabupaten Sleman, sebagian besar menjelaskan bahwa sumber belajar yang diminati oleh siswa adalah sumber belajar yang interaktif yang dilengkapi dengan media pembelajaran seperti video pembelajaran, animasi bergerak, dan gambar. Selain itu, sumber belajar yang mudah diakses diperlukan oleh siswa agar lebih efisien. Untuk itu, dalam penelitian ini peneliti mengembangkan modul elektronik yang dilengkapi dengan video pembelajaran, dan audio, dan fitur-fitur tombol yang dapat di klik secara langsung di modul juga akan menarik perhatian siswa. Kemudian media aplikasi yang digunakan untuk mengembangkan produk ini dipilih yang tentu dapat memudahkan siswa dalam mengaksesnya tanpa harus menginstall aplikasi lain. Aplikasi yang mendukung dalam pengembangan modul elektronik ini adalah *Flip PDF Corporate*.

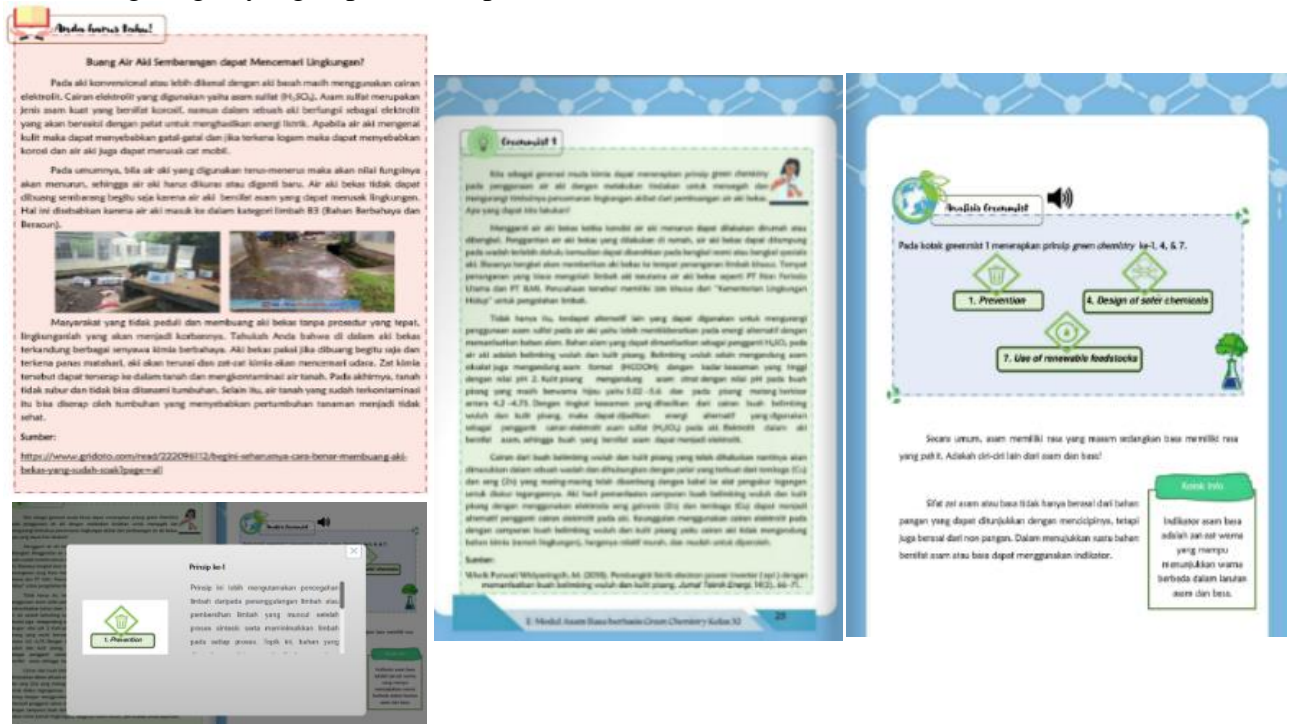
Langkah ketiga yaitu pemilihan format yang terdiri dari pembuatan rancangan desain e-modul dan penyusunan isi materi e-modul. Pembuatan rancangan desain e-modul meliputi pembuatan desain sampul depan dan belakang e-modul dan pembuatan tampilan desain e-modul. Penyusunan isi materi e-modul dilakukan melalui studi literatur dari buku paket kimia kelas XI SMA, jurnal, e-book, dan internet yang terpercaya. Konsep materi dalam e-modul terbagi menjadi 4 kegiatan belajar yaitu asam & basa di lingkungan sekitar, teori asam & basa, derajat keasaman (pH), dan indikator asam & basa. Pada kegiatan belajar 1 : asam dan basa di lingkungan sekitar, topik untuk fitur *greenmist* yaitu berupa alternatif penggunaan bahan alam sebagai pengganti  $H_2SO_4$  pada aki dan pembuatan kertas lakmus biru dan kertas lakmus merah yang berasal dari bahan alam seperti tumbuhan yang kemudian terdapat kolom penjelasan prinsip *green chemistry* yang diterapkan dalam topik tersebut. Pada kegiatan belajar 2 : teori asam dan basa, topik untuk fitur *greenmist* yaitu berupa sabun ramah lingkungan yang dibuat dengan memanfaatkan limbah sekitar dan reaksi asam basa antara NaOH dan HCl, dan topik mengenai reaksi cangkang telur dengan asam cuka yang tentu dikaitkan dengan teori asam dan basa. Pada masing-masing topik terdapat kolom penjelasan prinsip *green chemistry* yang diterapkan. Pada kegiatan belajar 3 : tetapan kesetimbangan air dan derajat keasaman (pH), topik untuk fitur *greenmist* yaitu berupa reaksi yang terjadi pada bahan di sekitar kita dan reaksi antara baking soda dengan cuka. Pada kegiatan belajar 4: indikator asam dan basa, topik untuk fitur *greenmist* yaitu berupa indikator alami yang dibuat dari daun ketapang.

Berdasarkan Kementrian Pendidikan, Riset dan Teknologi terdapat 3 bagian modul yaitu bagian pembuka, bagian inti, dan bagian penutup. Pada bagian utama terdapat halaman sampul yang dapat dilihat pada Gambar 2.



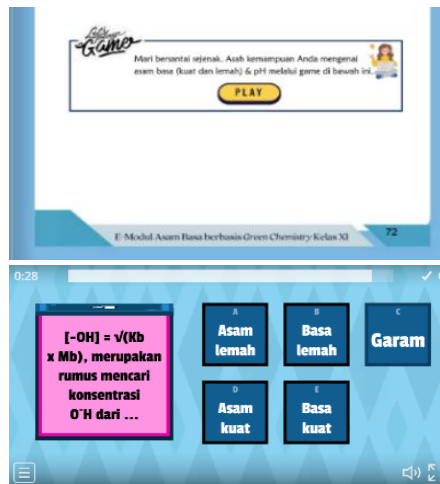
Gambar 2. Halaman Sampul Depan E-modul

Pada bagian inti terdapat bab I pendahuluan dan bab II isi atau pembahasan. Salah satu karakteristik dari e-modul ini terletak pada bab II yaitu info *greenmist* yang berupa artikel lingkungan yang dapat dilihat pada Gambar 3.



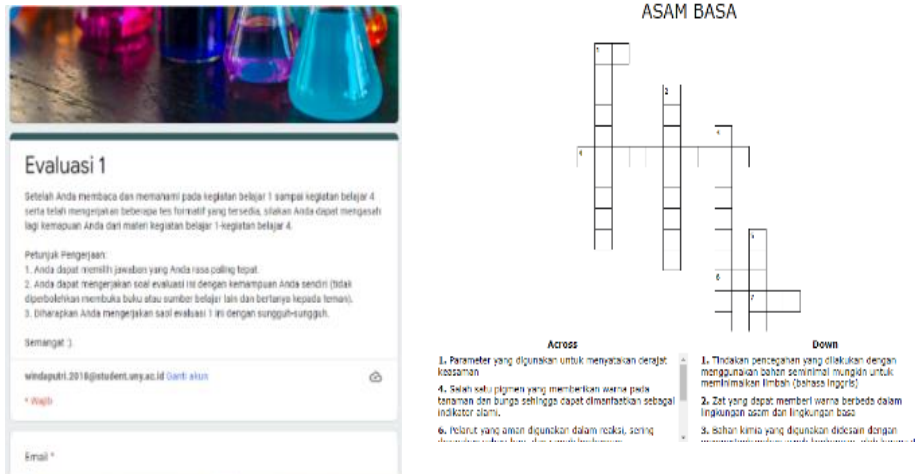
Gambar 3. Info *Greenmist* pada E-modul

Selain itu, terdapat *game* yang dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Tampilan *Game* pada E-modul

Bab penutup terdiri dari evaluasi, daftar pustaka, lembar kemampuan, dan halaman sampul belakang. Bentuk evaluasi terdapat dua jenis yaitu pilihan ganda dan teka teki silang yang dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Tampilan Evaluasi pada E-modul

### 3. Tahap Pengembangan

Tahap pengembangan dilakukan dengan membuat instrumen *peer reviewer*, validasi ahli pembelajaran kimia, angket kepatgunaan guru, dan angket respon siswa. Setelah instrumen selesai disusun, produk awal ditinjau oleh *peer reviewer*. Masukan dan saran dari *peer reviewer* dijadikan bahan pertimbangan untuk memperbaiki produk sebagai revisi I. Hasil revisi I divalidasi oleh 2 dosen dari jurusan kimia FMIPA UNY sebagai validator ahli pembelajaran kimia untuk menilai layak tidaknya produk yang dikembangkan. Masukan dan saran dijadikan bahan pertimbangan untuk memperbaiki produk sebagai revisi II. Hasil revisi II dilakukan penilaian kualitas kepada 6 *reviewer* dan 60 siswa. Jika masih terdapat masukan dan saran dari *reviewer* dijadikan bahan pertimbangan untuk memperbaiki produk sebagai revisi III. Data akhir penilaian kualitas guru secara keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 2 dan data akhir penilaian kualitas siswa secara keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 3.



**Tabel 2.** Data Hasil Penilaian Kualitas Produk oleh *Reviewer*

Aspek	Jumlah	Rata-rata	%Keidealan	Kategori
Keunggulan/karakteristik produk	106	17,67	88,35%	SB
Isi/materi	162	27	90%	SB
Kebahasan yang digunakan	130	21,67	86,68%	SB
Penyajian	106	17,67	88,35%	SB
Kegrafikan	107	17,83	89,15%	SB
<b>Secara keseluruhan</b>	<b>611</b>	<b>101,8</b>	<b>88,5%</b>	<b>SB</b>

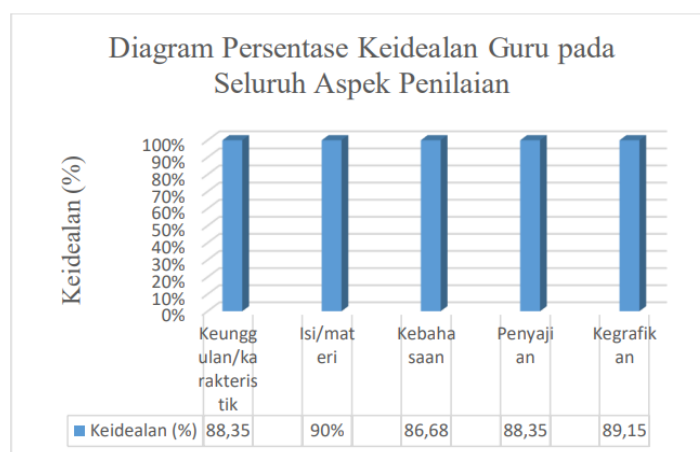
**Tabel 3.** Data Hasil Penilaian Kualitas Produk oleh Siswa

Aspek	Jumlah	Rata-rata	%Keidealan	Kategori
Isi/materi	2043	34,05	85,13 %	SB
Kebahasan	777	12,95	86,33 %	SB
Penyajian	1056	17,6	88 %	SB
Kegrafikan	784	13,0667	87,1%	SB
<b>Secara keseluruhan</b>	<b>4660</b>	<b>77,67</b>	<b>86,3%</b>	<b>SB</b>

#### 4. Tahap Penyebaran

Penyebarluasan produk e-modul asam basa berbasis *green chemistry* dilakukan secara terbatas dengan menyebarkan produk kepada para guru kimia di SMA yang telah memberikan penilaian terhadap e-modul yang dikembangkan.

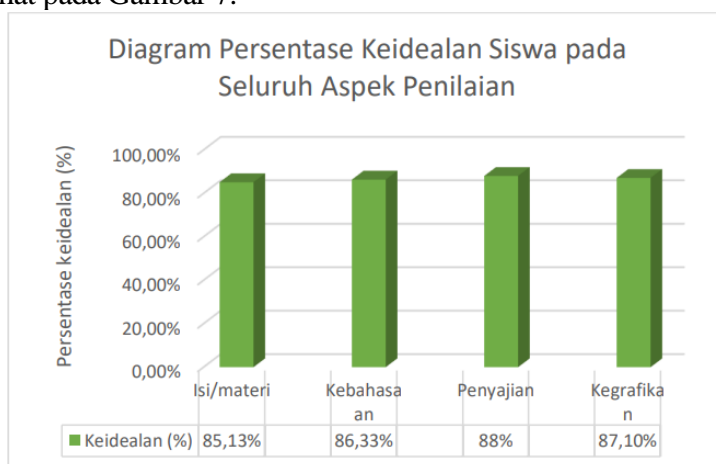
Hasil dari penilaian *reviewer* dan siswa berupa data kualitatif kemudian dikonversi menjadi data kuantitatif dengan ketentuan skala Likert. Hasil analisis berupa nilai kuantitatif kemudian dikonversi kembali menjadi kriteria kualitatif sesuai dengan kategori penilaian ideal melalui perhitungan. Berdasarkan analisis hasil penilaian kualitas oleh *reviewer* diketahui bahwa keseluruhan komponen penilaian e-modul asam basa berbasis *green chemistry* yang dikembangkan termasuk dalam kualitas sangat baik. Berikut adalah persebaran persentase keidealan seluruh komponen penilaian dapat dilihat pada Gambar 6.

**Gambar 6.** Diagram Persentase Keidealan Guru pada Keseluruhan Aspek

Dilihat dari Gambar 6 persentase keidealan tertinggi pada aspek isi/materi sebesar 90%. Hal ini menandakan bahwa isi/materi yang disajikan pada e-modul asam basa berbasis *green chemistry* memiliki kualitas kebenaran konsep yang baik dan materi yang disajikan

sesuai dengan tingkat pendidikan siswa kelas XI SMA serta menambah wawasan pengetahuan karena sebelumnya belum pernah diintegrasikan prinsip *green chemistry* pada pembelajaran kimia SMA. Akan tetapi, persentase keidealan terendah dari keseluruhan aspek terdapat pada aspek kebahasaan sebesar 86,68%. Hal ini menandakan bahwa perlu dikembangkan dan diperhatikan kembali susunan bahasa yang sesuai dengan kaidah Bahasa Indonesia dan ketepatan dalam pemilihan kata agar menghasilkan kalimat yang jelas, komunikatif, dan tidak menimbulkan makna ganda sehingga lebih mudah dipahami oleh siswa.

Berdasarkan analisis hasil penilaian kualitas oleh siswa diketahui bahwa keseluruhan komponen penilaian e-modul asam basa berbasis *green chemistry* yang dikembangkan termasuk dalam kualitas sangat baik. Berikut adalah persebaran persentase keidealan seluruh komponen penilaian dapat dilihat pada Gambar 7.



**Gambar 7.** Diagram Persentase Keidealan Siswa pada Keseluruhan Aspek

Dilihat pada gambar 7, persentase keidealan tertinggi terdapat pada aspek penyajian yaitu sebesar 88%. Hal ini menandakan bahwa penyajian materi pada e-modul asam basa berbasis *green chemistry* yang dikembangkan mudah dipahami karena penjelasannya tidak berbelit-belit dan susunannya sistematis, menarik perhatian siswa, dan mendorong keaktifan siswa untuk berpikir dan belajar. Selain itu, penyajian e-modul asam basa berbasis *green chemistry* menggunakan petunjuk berupa suara atau audio di beberapa bagian dan langkah belajar yang jelas dan terperinci. Baiknya penyajian materi dalam sumber belajar akan dapat memudahkan siswa saat pembelajaran. Persentase terendah dari keseluruhan aspek adalah aspek isi/materi yaitu sebesar 85,13 %. Aspek isi/materi terdiri dari delapan butir indikator. Hal ini menandakan bahwa materi yang disajikan kemungkinan terlalu banyak dan prinsip *green chemistry* merupakan ilmu baru sehingga membuat siswa masih asing terhadap isi materinya.

## SIMPULAN

E-modul asam basa berbasis *green chemistry* yang dikembangkan memiliki karakteristik e-modul asam basa berbasis *green chemistry* untuk kelas XI SMA yang dikembangkan dalam penelitian ini adalah modul elektronik yang di flip menggunakan aplikasi *Flip PDF Corporate Edition* yang dapat diakses melalui *link website* <http://bitly.ws/sB4f>. E-modul ini terdapat kotak info *greenmist*, beberapa tombol, gambar, dan tulisan, dilengkapi dengan video pembelajaran, tes formatif yang dapat dikerjakan siswa secara langsung dan muncul skor di e-modulnya, refleksi diri mengenai konsep materi dan prinsip *green chemistry*, dan terdapat 2 jenis evaluasi dalam bentuk tes pilihan ganda dengan menggunakan *google form* dan dalam bentuk tts (teka-teki silang).

E-modul asam basa berbasis *green chemistry* asam basa ditinjau dari empat aspek seperti aspek materi substansi, aspek penyajian, aspek Bahasa dan aspek karakteristik/keunggulan dinilai layak dengan beberapa revisi berdasarkan validasi dari ahli pembelajaran kimia.

Kualitas e-modul asam basa berbasis *green chemistry* untuk kelas XI SMA berdasarkan penilaian guru sebagai *reviewer*, secara keseluruhan diperoleh skor rata-rata 101,8 dari skor maksimal 115 dengan persentase keidealan 88,5 % sehingga memiliki kategori Sangat Baik (SB).

Kualitas e-modul asam basa berbasis *green chemistry* untuk kelas XI SMA berdasarkan respon siswa diperoleh skor rata-rata 77,67 dari skor maksimal 90 dengan persentase keidealan 86,3% sehingga memiliki kategori Sangat Baik (SB).

Peneliti menyarankan, setelah melihat hasil yang didapatkan perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh dalam penggunaan sumber belajar e-modul asam basa berbasis *green chemistry* terhadap hasil belajar siswa dan perlu dilakukan penyebaran e-modul asam basa berbasis *green chemistry* dalam skala yang lebih luas.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Tugas Akhir Skripsi ini dapat diselesaikan tentunya tidak lepas dari bantuan dan kerja sama dengan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan terimakasih kepada Ibu Dra. Cornelia Budimarwanti, M.Si selaku Dosen Pembimbing Akademik dan Skripsi yang telah memberikan semangat, dan selalu membimbing dengan penuh kesabaran selama perkuliahan dan penyusunan Tugas Akhir dan Artikel. Ibu Prof. Dr. Sri Atun, M.Si. dan Ibu Dina, S.Pd., M.Pd. yang telah berkenan menjadi dosen ahli pembelajaran kimia dalam pengembangan e-modul asam basa berbasis *green chemistry*. Ibu Mustianti S.Pd., Ibu Sunatri, S.Pd., Ibu Tri Wining Harini, S.Pd., Ibu Sri Winarti, S.Pd, M.Pd., Bapak Bambang Susilo, S.Pd.Si., dan Ibu Dra. J. Christi Suzie Istanti sebagai *reviewer* yang telah membantu pengambilan data TAS ini. Nariswara Lova Sari, Anik Ageng Pramurdazani, Ema Melida Azkia, Meliana Fajri Nurkhasanah, dan Rizky Amelia Putri sebagai *peer reviewer* yang telah membantu menyempurnakan e-modul yang dikembangkan.

### DAFTAR PUSTAKA

- Cann, M. (2009). Greening the chemistry lecturer curriculum: Now is the time to infuse existing mainstream textbooks with green chemistry. *Journal of American Chemical Society*, 93-100.
- Daryanto. (2013). *Inovasi pembelajaran efektif*. Yrma Widya.
- Dewi, M. S. A., & Lestari, N. A. P. (2020). E-Modul interaktif berbasis proyek terhadap hasil belajar siswa. *Jurnal Imiah Pendidikan Dan Pembelajaran*, 4, 433–441.
- Erlina. (2012). Deskripsi kemampuan berpikir formal mahasiswa pendidikan kimia Universitas Tanjungpura. *Jurnal Visi Ilmu Pendidikan*, 6(3), 631–640. <https://doi.org/10.26418/jvip.v6i3.56>
- Haack J.A., Hutchison, J.E., Kirchoff, M.M., & Levy, I.J. (2005). Going green: Lecture assignments and lab experiences for the college curriculum. *Journal of Chemical Education*, 82(7), 974-976.

- Jones, O. A., Spichkov, M., & Spencer, M. J. (2018). Chirality-2: development of a multilevel mobile gaming app to support the teaching of introductory undergraduate-level organic chemistry. *Journal Of Chemical Education*, 95(7), 1216-1220.
- Juanjuan, M., & Shengli, H. (2020). Evaluating chinese secondary school students' understanding of green chemistry. *Science Education International*, 31(2), 209–219. <https://doi.org/10.33828/sei.v31.i2.11>
- Karpudewan, M., Ismail, Z., & Mohamed, N. (2011). Greening a chemistry teaching methods course at the school of educational. *Journal of Education for Sustainable Development*, 5(2), 197–214.
- Klingshirn, M. A., & Spessard, G. O. (2009). Integrating green chemistry into the introductory chemistry curriculum. *Journal of American Chemical Society*, 1011(5), 79–92. <https://doi.org/10.1021/bk-2009-1011.ch005>
- Mitarlis, Ibnu, S., Rahayu, S., & Sutrisno. (2017). Environmental literacy with green chemistry oriented in 21st century learning. *AIP Conference Proceedings*, 1911(1). <https://doi.org/10.1063/1.5016013>
- Musfiqon.(2012). *Pengembangan Media Belajar dan Sumber Belajar*. Prestasi Pustakakarya.
- Nugraha, A., Subarkah, C. Z., & Sari. (2015). Penggunaan e-module pembelajaran pada konsep sifat koligatif larutan untuk mengembangkan literasi kimia siswa. *Prosiding Simposium Nasional Inovasi dan Pembelajaran Sains*, 201-204.
- Nurisa, I., dan Sulisty, I., 2019, Measuring student chemistry literacy ability of acid and base concepts. *International Journal of Advanced Research*, 5 , 850-856.
- Perosa, A., Gonella, F., & Spagnolo, S. (2019). Systems thinking: adopting an emergy perspective as a tool for teaching green chemistry. *Journal of Chemical Education*, 96(12), 2784–2793. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00377>
- Subamia, I. D. P., Wahyuni, I. G. A. N. S., & Widiasih, N. N. (2017). Identifikasi, karakterisasi, dan solusi alternatif pengelolaan limbah laboratorium kimia. *Seminar Nasional Riset Inovatif*, 54/58. <http://e proceeding.undiksha.ac.id/index.php/senari/article/download/903/642/> (diakses pada 6 Mei 2020)
- Syamsurizal, Haryanto, & Chairani, N. (2015). Pengembangan e-modul berbasis keterampilan proses sains pada materi kesetimbangan kimia untuk tingkat SMA. *Prosiding SEMIRATA*, 655–661.