

Lampiran 01 Lembar Penilaian Ahli Isi

LEMBAR PENILAIAN AHLI ISI

BAHAN AJAR LAJU REAKSI BERMUATAN KIMIA HIJAU

Judul Penelitian : Pengembangan Bahan Ajar Bermuatan Kimia Hijau pada materi Laju Reaksi
Topik : Laju Reaksi
Peneliti : Indah Maria Tioday Lumban Gaol

A. Tujuan

Instrumen ini bertujuan untuk mengukur kelayakan isi dan penyajian bahan ajar bermuatan kimia hijau yang telah dikembangkan.

B. Petunjuk

1. Dimohonkan bapak/ibu memberikan penilaian terhadap butir-butir yang dinilai pada lembar validasi dengan cara mencentang (√) kolom yang telah disediakan. Skala penilaiannya yaitu:
Skor 1 = Tidak Valid (TV)
Skor 2 = Kurang Valid (KV)
Skor 3 = Valid (V)
Skor 4 = Sangat Valid (SV)
2. Bila terdapat hal-hal yang perlu direvisi, mohon dituliskan pada kolom komentar dan saran perbaikan.

C. Penilaian

No	Indikator Penilaian	No	Butir Penilaian	Alternatif Pilihan			
				TV	KV	V	SV
Aspek Kelayakan Isi							
A	Kesesuaian isi dengan KD	1	Kelengkapan materi				
		2	Keluasan materi				
		3	Kedalaman materi				
B	Keakuratan materi	4	Keakuratan faktual, konseptual dan prosedural				
		5	Keakuratan contoh-contoh dan ilustrasi				
		6	Keakuratan gambar, diagram dan ilustrasi				
		7	Keakuratan istilah-istilah				
		8	Keakuratan notasi, simbol dan ikon.				
		9	Keakuratan acuan pustaka				

C	Kemutakhiran materi	10	Kesesuaian materi dengan perkembangan ilmu kimia				
		11	Contoh dalam kehidupan sehari-hari				
		12	Gambar atau ilustrasi dalam kehidupan sehari-hari				
		13	Kemutakhiran pustaka				
D	Mendorong keingintahuan	14	Mendorong rasa ingin tahu				
		15	Menciptakan kemampuan bertanya				
No	Indikator Penilaian	No	Butir Penilaian	Alternative Pilihan			
				TV	KV	V	SV
II. Komponen Penyajian							
A	Teknik penyajian	1	Konsistensi sistematika sajian materi				
		2	Hierarki konsep (dari mudah ke sukar, dari sederhana ke yang lebih kompleks, dari yang nyata ke abstrak)				
		3	Kemudahan materi dipahami				
		4	Urutan penyajian memperhatikan hierarki konsep				
		5	Keutuhan materi yang disajikan				
B	Pendukung penyajian	6	Pengantar				
		7	Peta konsep				
		8	Contoh-contoh soal				
		9	Gambar/tabel membantu memudahkan memahami materi				
		10	Uji kompetensi				
		11	Rangkuman				
		12	Daftar pustaka				

D. Komentar dan Saran Perbaikan

.....

.....

.....

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

Kesimpulan

Bahan ajar ini dinyatakan *):

1. Layak diujicobakan di lapangan tanpa ada revisi.
2. Layak diujicobakan di lapangan dengan revisi.
3. Tidak layak diujicobakan di lapangan.

*): *Lingkari salah satu*

Singaraja,



Lampiran 02 Lembar Penilaian Ahli Bahasa

LEMBAR PENILAIAN AHLI BAHASA

BAHAN AJAR LAJU REAKSI BERMUATAN KIMIA HIJAU

Judul Penelitian : Pengembangan Bahan Ajar Bermuatan Kimia Hijau pada materi Laju Reaksi
Topik : Laju Reaksi
Peneliti : Indah Maria Tioday Lumban Gaol

A. Tujuan

Instrumen ini bertujuan untuk mengukur kelayakan Bahasa bahan ajar bermuatan kimia hijau yang dikembangkan.

B. Petunjuk

1. Dimohonkan bapak/ibu memberikan penilaian terhadap butir-butir yang dinilai pada lembar validasi dengan cara mencentang (√) kolom yang telah disediakan. Skala penilaiannya yaitu:
Skor 1 = Tidak Valid (TV)
Skor 2 = Kurang Valid (KV)
Skor 3 = Valid (V)
Skor 4 = Sangat Valid (SV)
2. Bila terdapat hal-hal yang perlu direvisi, mohon dituliskan pada kolom komentar dan saran perbaikan.

C. Penilaian

No	Indikator Penilaian	No	Butir Penilaian	Alternatif Pilihan			
				TV	KV	V	SV
Aspek Kelayakan Bahasa							
A	Lugas	1	Ketepatan struktur				
		2	Keefektifan kalimat				
		3	Kebakuan istilah				
B	Komunikatif	4	Menggunakan Bahasa yang mudah dipahami				
C	Kesesuaian dengan kaidah kebahasaan	5	Ketepatan tata bahasa				
		6	Ketepatan ejaan				
D	Penggunaan istilah, simbol atau ikon	7	Konsistensi penggunaan istilah				
		8	Konsistensi penggunaan simbol atau ikon				

D. Komentar dan Saran Perbaikan

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

Kesimpulan

Bahan ajar ini dinyatakan *):

1. Layak diujicobakan di lapangan tanpa ada revisi.
2. Layak diujicobakan di lapangan dengan revisi.
3. Tidak layak diujicobakan di lapangan.

*): *Lingkari salah satu*



Lampiran 03 Lembar Penilaian Ahli Media

LEMBAR PENILAIAN AHLI MEDIA

BAHAN AJAR LAJU REAKSI BERMUATAN KIMIA HIJAU

Judul Penelitian : Pengembangan Bahan Ajar Bermuatan Kimia Hijau pada materi Laju Reaksi
Topik : Laju Reaksi
Peneliti : Indah Maria Tioday Lumban Gaol

A. Tujuan

Instrumen ini bertujuan untuk mengukur kelayakan grafika bahan ajar bermuatan kimia hijau yang dikembangkan.

B. Petunjuk

1. Dimohonkan bapak/ibu memberikan penilaian terhadap butir-butir yang dinilai pada lembar validasi dengan cara mencentang (√) kolom yang telah disediakan. Skala penilaiannya yaitu:
Skor 1 = Tidak Valid (TV)
Skor 2 = Kurang Valid (KV)
Skor 3 = Valid (V)
Skor 4 = Sangat Valid (SV)
2. Bila terdapat hal-hal yang perlu direvisi, mohon dituliskan pada kolom komentar dan saran perbaikan.

C. Penilaian

No	Indikator Penilaian	No	Butir Penilaian	Alternatif Pilihan			
				TV	KV	V	SV
Aspek Kelayakan Grafika							
A	Ukuran bahan ajar	1	Kesesuaian ukuran bahan ajar dengan standar ISO B5 (176 x 250 mm)				
		2	Kesesuaian ukuran dengan materi isi bahan ajar				
B	Desain sampul bahan ajar	3	Kemenarikan desain cover.				
		4	Huruf yang digunakan menarik dan mudah dibaca				
		5	Ukuran huruf judul bahan ajar lebih dominan dan proporsional				
		6	Warna judul bahan ajar kontras dengan warna latar belakang				
C	Desain isi bahan ajar	7	Penempatan judul, sub judul, ilustrasi, dan keterangan				

			gambar tidak mengganggu pemahaman				
		8	Kemenarikan ukuran dan warna huruf				
		9	Penggunaan variasi huruf tidak berlebihan				
		10	Spasi antara teks sesuai				
		11	Ketepatan ukuran gambar atau tabel				
		12	Ketepatan tata letak gambar atau tabel				
		13	Kesesuaian gambar atau tabel dengan materi				
		14	Kejelasan tampilan gambar				
		15	Kejelasan penyajian tabel				

D. Komentar dan Saran Perbaikan

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Kesimpulan

Bahan ajar ini dinyatakan *):

1. Layak diujicobakan di lapangan tanpa ada revisi.
2. Layak diujicobakan di lapangan dengan revisi.
3. Tidak layak diujicobakan di lapangan.

**) : Lingkari salah satu*

Singaraja,

(.....)
NIP

Lampiran 04. Lembar Penilaian Uji Keterbacaan

LEMBAR PENILAIAN KETERBACAAN

BAHAN AJAR LAJU REAKSI BERMUATAN KIMIA HIJAU

A. Identitas

Nama Siswa :
Kelas :
Sekolah :

B. Petunjuk

- Bacalah pernyataan-pertanyaan di bawah ini. Berikan tanda centang (✓) pada kolom sesuai dengan penilaian. Skala penilaiannya yaitu:
Skor 1 = tidak jelas (TJ)
Skor 2 = kurang jelas (KJ)
Skor 3 = jelas (J)
Skor 4 = sangat jelas (SJ)
- Tulislah hal-hal yang belum anda mengerti pada kolom komentar

C. Penilaian

No	Aspek yang Dinilai	TJ	KJ	J	SJ
1	Kejelasan penggunaan Bahasa (tidak multitafsir/jelas, kata-kata yang digunakan dapat dipahami)				
2	Kejelasan sistematika isi/materi				
3	Kesesuaian konsep kimia hijau dengan materi yang disajikan				
4	Kesesuaian gambar/tabel/bagan dengan materi yang disajikan				
5	Kejelasan penyajian tabel, gambar, bagan, dan informasi atau data				
6	Kejelasan peta konsep dan rangkuman				
7	Kejelasan latihan soal-soal yang diberikan				
8	Kejelasan penulisan rumus dan simbol/lambang kimia				
9	Materi yang dipaparkan mudah dipahami				
10	Kesesuaian penerapan materi dalam kehidupan sehari-hari				

D. Komentar

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

Singaraja,

(.....)



Lampiran 05. Lembar Penilaian Uji Kepraktisan

LEMBAR PENILAIAN UJI KEPRAKTISAN BAHAN AJAR LAJU REAKSI BERMUATAN KIMIA HIJAU

Mata Pelajaran : Kimia
Kelas : XI
Topik Bahasan : Laju Reaksi

A. Tujuan :

Untuk mengukur kepraktisan bahan ajar bermuatan kimia hijau yang telah dikembangkan.

B. Petunjuk :

1. Berikanlah penilaian setiap komponen dari bahan ajar ini sesuai dengan skala yang diberikan
2. Berikan tanda centang (√) pada kolom yang telah disediakan.
3. Makna dari setiap skala penilaian yaitu:
 - Tidak Praktis (TP) = 1
 - Cukup Praktis (CP) = 2
 - Praktis (P) = 3
 - Sangat Praktis (SP) = 4

C. Penilaian

No	Butir Penilaian	Skala Penilaian			
		TP	KP	P	SP
1	Bentuk bahan ajar simpel sehingga mudah dibawa.				
2	Bentuk bahan ajar simpel sehingga mudah disimpan.				
3	Bahan ajar lengkap sehingga mudah digunakan.				
4	Bahan ajar bermanfaat bagi guru dalam melaksanakan pembelajaran kimia.				
5	Bahan ajar dapat membimbing siswa memahami materi kimia.				
6	Gambar, grafik, tabel dalam bahan ajar mendukung pemahaman materi kimia.				
7	Bahan ajar efisien dalam mencapai tujuan pembelajaran.				
8	Bahan ajar efisien dalam pelaksanaan pembelajaran.				

9	Bahan ajar efisien dalam membimbing siswa memahami materi.				
10	Bahasa yang digunakan sederhana dan sesuai dengan EYD (Ejaan Yang Disempurnakan).				
11	Bahasa yang digunakan mudah dimengerti.				



Lampiran 06. Hasil Analisis Dokumen

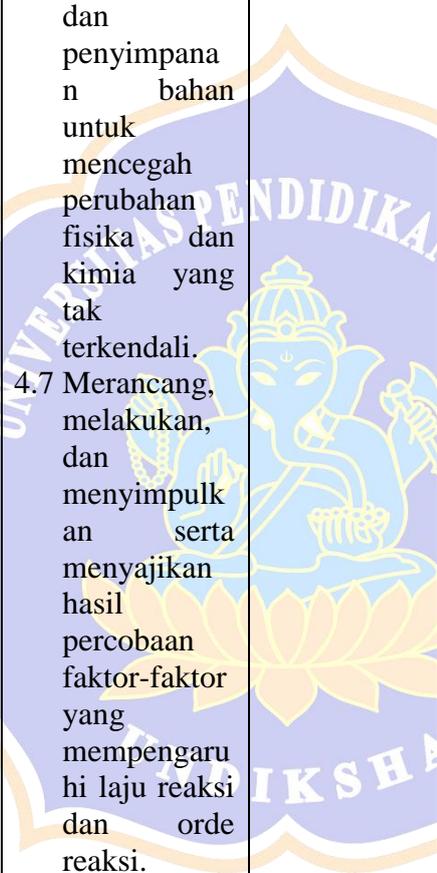
Hasil Analisis Dokumen

Mata Pelajaran : Kimia

Topik : Laju Reaksi

Kelas : XI

Kompetensi Inti	Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Indikator	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
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	3.6 Menjelaskan faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi.	Laju Reaksi: <ul style="list-style-type: none"> • Konsep laju reaksi • Faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi • Persamaan laju reaksi 	1. Mendefinisikan laju reaksi 2. Menjelaskan faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi.	12 jp	Buku paket kelas XI
	3.7 Menentukan orde reaksi dan tetapan laju reaksi.		1. Menjelaskan cara menghitung orde reaksi dan persamaan laju reaksi 2. Mengolah dan menganalisis data untuk menentukan orde reaksi dan persamaan laju reaksi.		

<p>sesuai dengan bakat dan minatnya untuk memecahkan masalah.</p>				
<p>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 metoda sesuai kaidah keilmuan.</p>	<p>4.6 Menyajikan hasil penelusuran informasi cara-cara pengaturan dan penyimpanan bahan untuk mencegah perubahan fisika dan kimia yang tak terkendali.</p> <p>4.7 Merancang, melakukan, dan menyimpulkan serta menyajikan hasil percobaan faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi dan orde reaksi.</p>		<p>1. Menelusuri informasi cara-cara pengaturan dan penyimpanan bahan untuk mencegah perubahan fisika dan kimia yang tak terkendali.</p> <p>2. Menyajikan hasil penelusuran informasi cara-cara pengaturan dan penyimpanan bahan untuk mencegah fisika dan kimia yang tak terkendali.</p> <p>1. Merancang percobaan faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi dan orde reaksi.</p> <p>2. Melakukan percobaan faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi dan orde reaksi.</p> <p>3. Menyimpulkan serta menyajikan hasil percobaan faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi dan orde reaksi.</p>	

Lampiran 07. Analisis Kimia Hijau dalam Buku Kimia SMA/MA

Analisis Kimia Hijau pada Materi Laju Reaksi

<p>Panduan Pembelajaran Kimia untuk SMA dan MA Kelas XI Penulis: Suwardi, Soebiyanto, Th. Eka Widiasih Penerbit: Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional Tahun terbit: 2009</p>	<p>Memahami Kimia SMA/MA untuk Kelas XI, Semester 1 dan 2 Program Ilmu Pengetahuan Alam Penulis: Ivan Permana Penerbit: Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional Tahun terbit: 2009</p>
<p>Hasil Analisis kimia hijau: Pada bagian faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi. “Ketika kalian memasak air menggunakan kompor, apa yang kalian lakukan supaya air cepat mendidih? Kalian tentu akan memperbesar nyala apinya, bukan? Dengan memperbesar nyala api berarti kalian telah menaikkan suhu sehingga air akan lebih cepat mendidih”. Pernyataan tersebut merupakan salah satu contoh faktor laju reaksi yang ditemukan dalam kehidupan sehari-hari dan ramah lingkungan. Pernyataan mengarah pada prinsip pencegahan.</p>	<p>Hasil analisis kimia hijau: Pada contoh soal menggunakan bahan H₂SO₄. Seharusnya beberapa larutan yang belum tergolong ramah lingkungan diberikan catatan mengenai sifat, penanganan, dan penanggulangan bahan kimianya.</p>
<p>Kimia untuk SMA Kelas XI Semester 1 Penulis: Michael Purba Penerbit: Erlangga Tahun terbit: 2006</p>	<p>Kimia untuk SMA/MA Kelas XI Program Ilmu Alam Penulis: Budi Utami, Agung Nugroho Catur Saputro, Lina Mahardiani, Sri Yamtinah, Bakti Mulyani. Penerbit: Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional Tahun terbit: 2009</p>
<p>Hasil analisis kimia hijau: Pada bagian pengenceran larutan pekat: “larutan pekat biasanya berasap (mudah menguap) dan sangat korosif. Oleh karena itu, pembuatan larutan dari larutan pekat harus dilakukan dalam lemari asam dan dikerjakan dengan hati-hati dengan mengikuti semua aturan keselamatan”. Pernyataan tersebut secara implisit mengintegrasikan prinsip kimia hijau pencegahan terjadinya kecelakaan saat kegiatan praktikum.</p>	<p>Hasil analisis kimia hijau: Pada bagian Autokatalis. Autokatalis adalah zat hasil reaksi yang bertindak sebagai katalis. Contoh: CH₃COOH yang dihasilkan dari reaksi metil asetat dengan air merupakan autokatalis reaksi tersebut. Pernyataan tersebut mengarah pada prinsip pencegahan dan kimia yang aman untuk mencegah kecelakaan.</p>

Pada kegiatan mengadakan diskusi: pembusukan makanan, memasak, dan mencuci merupakan contoh proses yang berkaitan dengan laju.

Pada pernyataan diatas merupakan contoh proses yang berkaitan dengan laju, ditemukan dalam kehidupan sehari-hari dan ramah lingkungan. Pernyataan tersebut mengarah pada prinsip kimia hijau pencegahan.



Lampiran 08. Penilaian Validator Isi

LEMBAR PENILAIAN AHLI ISI

BAHAN AJAR LAJU REAKSI BERBASIS KIMIA HIJAU

Judul Penelitian : Pengembangan Bahan Ajar Berbasis Kimia Hijau pada materi Laju Reaksi

Topik : Laju Reaksi

Peneliti : Indah Maria Tioday Lumban Gaol

A. Tujuan

Instrumen ini bertujuan untuk mengukur kelayakan isi dan penyajian bahan ajar berbasis kimia hijau yang telah dikembangkan.

B. Petunjuk

1. Dimohonkan bapak/ibu memberikan penilaian terhadap butir-butir yang dinilai pada lembar validasi dengan cara mencentang (✓) kolom yang telah disediakan. Skala penilaiannya yaitu:
Skor 1 = Tidak Valid (TV)
Skor 2 = Kurang Valid (KV)
Skor 3 = Valid (V)
Skor 4 = Sangat Valid (SV)
2. Bila terdapat hal-hal yang perlu direvisi, mohon dituliskan pada kolom komentar dan saran perbaikan.

C. Penilaian

No	Indikator Penilaian	No	Butir Penilaian	Alternatif Pilihan			
				TV	KV	V	SV
Aspek Kelayakan Isi							
A	Kesesuaian isi dengan KD	1	Kelengkapan materi				✓
		2	Keluasan materi			✓	
		3	Kedalaman materi			✓	
B	Keakuratan materi	4	Keakuratan factual, konseptual dan prosedural			✓	
		5	Keakuratan contoh-contoh dan ilustrasi			✓	
		6	Keakuratan gambar, diagram dan ilustrasi			✓	
		7	Keakuratan istilah-istilah			✓	
		8	Keakuratan notasi, simbol dan ikon.			✓	

		9	Keakuratan acuan pustaka			✓	
C	Kemuktahiran materi	10	Kesesuaian materi dengan perkembangan ilmu kimia			✓	
		11	Contoh dalam kehidupan sehari-hari			✓	
		12	Gambar atau ilustrasi dalam kehidupan sehari-hari			✓	
		13	Kemuktahiran pustaka	✓			
D	Mendorong keingintahuan	14	Mendorong rasa ingin tahu			✓	
		15	Menciptakan kemampuan bertanya			✓	
No	Indikator Penilaian	No	Butir Penilaian	Alternative Pilihan			
				TV	KV	V	SV
II. Komponen Penyajian							
A	Teknik penyajian	1	Konsistensi sistematika sajian materi			✓	
		2	Hierarki konsep (dari mudah ke sukar, dari sederhana ke yang lebih kompleks, dari yang nyata ke abstrak)			✓	
		3	Kemudahan materi dipahami			✓	
		4	Urutan penyajian memperhatikan hierarki konsep			✓	
		5	Keutuhan materi yang disajikan			✓	
B	Pendukung penyajian	6	Pengantar			✓	
		7	Peta konsep			✓	
		8	Contoh-contoh soal			✓	
		9	Gambar/tabel membantu memudahkan memahami materi			✓	
		10	Uji kompetensi			✓	
		11	Rangkuman			✓	
		12	Daftar pustaka			✓	

D. Komentor dan Saran Perbaikan

- Pada hal 7, soal no. 1 sebaiknya ditulis masha Gula ukuran
- hal 15 orde reaksi harus mengacu pada rumus $(m+n)$ dan
nama dapat)
- Untuk setiap gambar dirujuk dan di berikan penjelasan
- untuk uji Kompetensi soal no. 1, 2, 3 menggunakan $CaCO_3$ sebagai contoh karena kelanjutan reaksi
- pustaka belum banyak yg baru (r.kh terakhir)

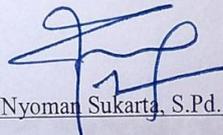
Kesimpulan

Bahan ajar ini dinyatakan *):

1. Layak diujicobakan di lapangan tanpa ada revisi.
- ② Layak diujicobakan di lapangan dengan revisi.
3. Tidak layak diujicobakan di lapangan.

*) : Lingkari salah satu

Singaraja, 17 Nopember 2022



(I Nyoman Sukarta, S.Pd., M.Si.)

NIP. 197602062005011002

Lampiran 09. Penilaian Validator Bahasa

LEMBAR PENILAIAN AHLI BAHASA

BAHAN AJAR LAJU REAKSI BERMUATAN KIMIA HIJAU

Judul Penelitian : Pengembangan Bahan Ajar Bermuatan Kimia Hijau pada materi Laju Reaksi
Topik : Laju Reaksi
Peneliti : Indah Maria Tioday Lumban Gaol

a. Tujuan

Instrumen ini bertujuan untuk mengukur kelayakan Bahasa bahan ajar bermuatan kimia hijau yang dikembangkan.

b. Petunjuk

Dimohonkan bapak/ibu memberikan penilaian terhadap butir-butir yang dinilai pada lembar validasi dengan cara mencentang (√) kolom yang telah disediakan.

Skala penilaiannya yaitu:

Skor 1 = Tidak Valid (TV)

Skor 2 = Kurang Valid (KV)

Skor 3 = Valid (V)

Skor 4 = Sangat Valid (SV)

Bila terdapat hal-hal yang perlu direvisi, mohon dituliskan pada kolom komentar dan saran perbaikan.

c. Penilaian

No	Indikator Penilaian	No	Butir Penilaian	Alternatif Pilihan			
				TV	KV	V	SV
Aspek Kelayakan Bahasa							
A	Lugas	1	Ketepatan struktur				√
		2	Keefektifan kalimat				√
		3	Kebakuan istilah				√
B	Komunikatif	4	Menggunakan Bahasa yang mudah dipahami				√
C	Kesesuaian dengan kaidah kebahasaan	5	Ketepatan tata bahasa				√
		6	Ketepatan ejaan				√
D	Penggunaan istilah, simbol atau ikon	7	Konsistensi penggunaan istilah				√
		8	Konsistensi penggunaan simbol atau ikon				√

d. Komentar dan Saran Perbaikan

Baru kali ini saya membaca naskah untuk divalidasi spt ini. Sangat bagus dan enak dibaca. Jadi dapat dilaksanakan diterapkan. Dan saya tidak banyak memberi perbaikan.

Kesimpulan

Bahan ajar ini dinyatakan *):

- a. Layak diujicobakan di lapangan tanpa ada revisi.
- b. Layak diujicobakan di lapangan dengan revisi.
- c. Tidak layak diujicobakan di lapangan.

*): *Lingkari salah satu*

Singaraja, 23 November 2022



(Dr. I Wayan Artika, S.Pd., M.Hum)
NIP.196707051994031004

Catatan Validator: Kesimpulan no. 1



Lampiran 10. Penilaian Validator Media

LEMBAR PENILAIAN AHLI MEDIA

BAHAN AJAR LAJU REAKSI BERMUATAN KIMIA HIJAU

Judul Penelitian : Pengembangan Bahan Ajar Bermuatan Kimia Hijau pada materi Laju Reaksi
Topik : Laju Reaksi
Peneliti : Indah Maria Tioday Lumban Gaol

a. Tujuan

Instrumen ini bertujuan untuk mengukur kelayakan grafika bahan ajar bermuatan kimia hijau yang dikembangkan.

b. Petunjuk

- Dimohonkan bapak/ibu memberikan penilaian terhadap butir-butir yang dinilai pada lembar validasi dengan cara mencentang (√) kolom yang telah disediakan. Skala penilaiannya yaitu:
Skor 1 = Tidak Valid (TV)
Skor 2 = Kurang Valid (KV)
Skor 3 = Valid (V)
Skor 4 = Sangat Valid (SV)
- Bila terdapat hal-hal yang perlu direvisi, mohon dituliskan pada kolom komentar dan saran perbaikan.

c. Penilaian

No	Indikator Penilaian	No	Butir Penilaian	Alternatif Pilihan			
				TV	KV	V	SV
Aspek Kelayakan Grafika							
A	Ukuran bahan ajar	1	Kesesuaian ukuran bahan ajar dengan standar ISO B5 (176 x 250 mm)			√	
		2	Kesesuaian ukuran dengan materi isi bahan ajar			√	
B	Desain sampul bahan ajar	3	Kemenarikan desain cover.			√	
		4	Huruf yang digunakan menarik dan mudah dibaca				√
		5	Ukuran huruf judul bahan ajar lebih dominan dan proporsional				√

		6	Warna judul bahan ajar kontras dengan warna latar belakang			√	
C	Desain isi bahan ajar	7	Penempatan judul, sub judul, ilustrasi, dan keterangan gambar tidak mengganggu pemahaman			√	
		8	Kemenarikan ukuran dan warna huruf			√	
		9	Penggunaan variasi huruf tidak berlebihan				√
		10	Spasi antara teks sesuai				√
		11	Ketepatan ukuran gambar atau tabel			√	
		12	Ketepatan tata letak gambar atau tabel			√	
		13	Kesesuaian gambar atau tabel dengan materi			√	
		14	Kejelasan tampilan gambar			√	
		15	Kejelasan penyajian tabel			√	

d. Komentar dan Saran Perbaikan

Jika memungkinkan dapat digunakan bahan-bahan lain yang ramah lingkungan

Kesimpulan

Bahan ajar ini dinyatakan *):

1. Layak diujicobakan di lapangan tanpa ada revisi.
- ②. Layak diujicobakan di lapangan dengan revisi.
3. Tidak layak diujicobakan di lapangan.

*): *Lingkari salah satu*

Singaraja, 18 Desember 2022

(Prof. Dr. I Wayan Redhana, M.Si.)
NIP. 196503251991031001

Lampiran 11. Rekapitulasi Penilaian Validitas Isi

Rekapitulasi Penilaian Validasi Isi Bahan Ajar Kimia Hijau

No	Indikator Penilaian	No	Butir Penilaian	Penilaian Ahli
Aspek Kelayakan Isi				
A	Kesesuaian isi dengan KD	1	Kelengkapan materi	4
		2	Keluasan materi	3
		3	Kedalaman materi	3
Jumlah				10
Rata-rata				3
Kategori				Valid
B	Keakuratan materi	4	Keakuratan faktual, konseptual dan prosedural	3
		5	Keakuratan contoh-contoh dan ilustrasi	3
		6	Keakuratan gambar, diagram dan ilustrasi	3
		7	Keakuratan istilah-istilah	3
		8	Keakuratan notasi, simbol dan ikon.	3
		9	Keakuratan acuan pustaka	3
Jumlah				18
Rata-rata				3
Kategori				Valid
C	Kemutakhiran materi	10	Kesesuaian materi dengan perkembangan ilmu kimia	3
		11	Contoh dalam kehidupan sehari-hari	3
		12	Gambar atau ilustrasi dalam kehidupan sehari-hari	3
		13	Kemutakhiran pustaka	2
Jumlah				11
Rata-rata				2,75
Kategori				Valid
D	Mendorong keingintahuan	14	Mendorong rasa ingin tahu	3
		15	Menciptakan kemampuan bertanya	3
Jumlah				6
Rata-rata				3
Kategori				Valid
No	Indikator Penilaian	No	Butir Penilaian	Penilaian Ahli
II. Komponen Penyajian				
A	Teknik penyajian	1	Konsistensi sistematika sajian materi	3

		2	Hierarki konsep (dari mudah ke sukar, dari sederhana ke yang lebih kompleks, dari yang nyata ke abstrak)	3
		3	Kemudahan materi dipahami	3
		4	Urutan penyajian memperhatikan hierarki konsep	3
		5	Keutuhan materi yang disajikan	3
Jumlah				15
Rata-rata				3
Kategori				Valid
B	Pendukung penyajian	6	Pengantar	3
		7	Peta konsep	3
		8	Contoh-contoh soal	3
		9	Gambar/tabel membantu memudahkan memahami materi	
		10	Uji kompetensi	3
		11	Rangkuman	3
		12	Daftar pustaka	3
Jumlah				18
Rata-rata				3
Kategori				Valid



Lampiran 12. Rekapitulasi Penilaian Validitas Bahasa Bahan Ajar

Rekapitulasi Penilaian Validasi Bahasa Bahan Ajar Kimia Hijau

No	Indikator Penilaian	No	Butir Penilaian	Penilaian Ahli
A	Lugas	1	Ketepatan struktur	4
		2	Keefektifan kalimat	4
		3	Kebakuan istilah	4
Jumlah				12
Rata-rata				4
Kategori				Sangat Valid
B	Komunikatif	4	Menggunakan Bahasa yang mudah dipahami	4
Kategori				Sangat valid
C	Kesesuaian dengan kaidah kebahasaan	5	Ketepatan tata Bahasa	4
		6	Ketepatan ejaan	4
Jumlah				8
Rata-rata				4
Kategori				Sangat valid
D	Penggunaan istilah, simbol atau ikon	7	Konsistensi penggunaan istilah	4
		8	Konsistensi penggunaan simbol atau ikon	4
Jumlah				8
Rata-rata				4
Kategori				Sangat Valid

Lampiran 13. Rekapitulasi Penilaian Validitas Media Bahan Ajar

Rekapitulasi Penilaian Validasi Media Bahan Ajar Kimia Hijau

No	Indikator Penilaian	No	Butir Penilaian	Penilaian Ahli
Aspek Kelayakan Grafika				
A	Ukuran bahan ajar	1	Kesesuaian ukuran bahan ajar dengan standar ISO B5 (176 x 250 mm)	3
		2	Kesesuaian ukuran dengan materi isi bahan ajar	3
Jumlah				6
Rata-rata				3
Kategori				Valid
B	Desain sampul bahan ajar	3	Kemenarikan desain cover.	3
		4	Huruf yang digunakan menarik dan mudah dibaca	4
		5	Ukuran huruf judul bahan ajar lebih dominan dan proporsional	4
		6	Warna judul bahan ajar kontras dengan warna latar belakang	3
Jumlah				14
Rata-rata				3,5
Kategori				Valid
C	Desain isi bahan ajar	7	Penempatan judul, sub judul, ilustrasi, dan keterangan gambar tidak mengganggu pemahaman	3
		8	Kemenarikan ukuran dan warna huruf	3
		9	Penggunaan variasi huruf tidak berlebihan	4
		10	Spasi antara teks sesuai	4
		11	Ketepatan ukuran gambar atau tabel	3
		12	Ketepatan tata letak gambar atau tabel	3
		13	Kesesuaian gambar atau tabel dengan materi	3
		14	Kejelasan tampilan gambar	3
15	Kejelasan penyajian tabel	3		
Jumlah				31
Rata-rata				3,44
Kategori				Valid

Lampiran 14 Rekapitulasi Penilaian Keterbacaan Bahan Ajar

Rekapitulasi Penilaian Keterbacaan Bahan Ajar

No	Aspek yang dinilai	TJ	KJ	J	SJ
1	Kejelasan penggunaan Bahasa (tidak multitafsir/jelas, kata-kata yang digunakan dapat dipahami)	0	0	8	1
2	Kejelasan sistematika isi/materi	0	0	7	2
3	Kesesuaian konsep kimia hijau dengan materi yang disajikan	0	0	8	1
4	Kesesuaian gambar/tabel/bagan dengan materi yang disajikan.	0	0	6	3
5	Kejelasan penyajian tabel, gambar, bagan, dan informasi atau data	0	1	5	3
6	Kejelasan peta konsep dan rangkuman	0	0	7	2
7	Kejelasan latihan soal-soal yang diberikan	0	2	4	3
8	Kejelasan penulisan rumus dan simbol/lambang kimia	0	0	5	4
9	Materi yang dipaparkan mudah dipahami	0	0	9	0
10	Kesesuaian penerapan materi dalam kehidupan sehari-hari.	0	0	7	2
Total		0	3	66	21
Rata-Rata		$((3 \times 2) + (66 \times 3) + (21 \times 4)) : (10 \times 9) = 3,2$			
Kategori		Baik			

Komentar:

- Menurut saya penjelasan tentang kimia hijau ini adalah dari contoh-contoh dan penjelasannya sudah dimengerti tapi ada yang kurang dimengerti dari contoh soal yang diberikan.
- Bahan ajar yang diberikan sangat jelas dan mudah dimengerti, cuman kita sebagai siswa harus teliti membaca agar bisa paham dengan materi tersebut.
- Setelah saya melihat bahan ajar baru pertama kali saya mengetahui bahwa ada kimia hijau.
- Materi disajikan dengan sangat baik, dan ada beberapa hal-hal penting diwarnai dan diisi kolom yang membuat saya mudah paham dengan materi

tersebut dan beberapa kata yang penting untuk dipelajari dan diingat, membuatnya menarik.

- Penyajian materinya sangat jelas, mudah dipahami, dan juga rapi.
- Dari bahan ajar yang diberikan saya jadi tahu apa itu laju reaksi bermuatan kimia hijau.
- Saya mendapatkan materi baru dan pengalaman baru walaupun saya sedikit kurang mengerti karena materinya belum dijelaskan.
- Materi disajikan dengan baik dan ada beberapa hal-hal penting diwarnai dan diisi kolom yang membuat saya mudah paham dengan materi tersebut,
- Kejelasan materi jelas, mudah dipahami, saya jadi mendapatkan materi-materi baru yang belum saya dapatkan, tapi di latihan soalnya mungkin dibuat yang agak simple, dan mudah dimengerti semoga kedepannya lebih baik lagi.



Lampiran 15. Rekapitulasi Penilaian Kepraktisan Bahan Ajar oleh Guru

No	Butir Penilaian	Hasil Penilaian		Jumlah	Rata-Rata	Kategori
		G1	G2			
1	Bentuk bahan ajar simpel sehingga mudah dibawa.	4	3	7	3.5	Praktis
2	Bentuk bahan ajar simpel sehingga mudah disimpan.	4	4	8	4	Sangat Praktis
3	Bahan ajar lengkap sehingga mudah digunakan.	3	4	7	3.5	Praktis
4	Bahan ajar bermanfaat bagi guru dalam melaksanakan pembelajaran kimia.	4	3	7	3.5	Praktis
5	Bahan ajar dapat membimbing siswa memahami materi kimia.	4	3	7	3.5	Praktis
6	Gambar, grafik, tabel dalam bahan ajar mendukung pemahaman materi kimia.	2	3	5	2.5	Praktis
7	Bahan ajar efisien dalam mencapai tujuan pembelajaran.	3	3	6	3	Praktis
8	Bahan ajar efisien dalam pelaksanaan pembelajaran.	2	3	5	2.5	Praktis
9	Bahan ajar efisien dalam membimbing siswa memahami materi.	2	3	5	2.5	Praktis
10	Bahasa yang digunakan sederhana dan sesuai dengan EYD (Ejaan Yang Disempurnakan).	3	4	7	3.5	Praktis
11	Bahasa yang digunakan mudah dimengerti.	3	4	7	3.5	Praktis
Jumlah		34	37	71	35.5	
Rata-Rata		3.09	3.36	6.45	3.22	Praktis

Lampiran 16. Rekapitulasi Penilaian Kepraktisan Bahan Ajar oleh Siswa

No	Butir Penilaian	Kode Penilaian			
		SP	P	CP	TP
1	Bentuk bahan ajar simpel sehingga mudah dibawa.	7	22	2	0
2	Bentuk bahan ajar simpel sehingga mudah disimpan.	9	19	2	1
3	Bahan ajar lengkap sehingga mudah digunakan.	10	17	3	1
4	Bahan ajar bermanfaat bagi guru dalam melaksanakan pembelajaran kimia.	5	21	5	0
5	Bahan ajar dapat membimbing siswa memahami materi kimia.	8	15	8	0
6	Gambar, grafik, tabel dalam bahan ajar mendukung pemahaman materi kimia.	6	17	8	0
7	Bahan ajar efisien dalam mencapai tujuan pembelajaran.	6	19	5	1
8	Bahan ajar efisien dalam pelaksanaan pembelajaran.	7	16	8	0
9	Bahan ajar efisien dalam membimbing siswa memahami materi.	6	19	6	0
10	Bahasa yang digunakan sederhana dan sesuai dengan EYD (Ejaan Yang Disempurnakan).	11	13	7	0
11	Bahasa yang digunakan mudah dimengerti.	9	18	3	1
Jumlah		84	196	57	4
Rata-Rata		3,06			
Kategori		Praktis			

Lampiran 18. Surat Permohonan Validator Isi

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI**
UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
JURUSAN KIMIA
PRODI PENDIDIKAN KIMIA
Jalan Udayana No.11 Singaraja-Bali 81116

Nomor : 49/UN48.9.8.2/TU/2022
Prihal : Permohonan Sebagai Validator

17 Nopember 2022

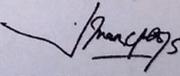
Kepada Yth. Bapak I Nyoman Sukarta, S.Pd, M.Si.
di
Tempat

Dengan hormat, sehubungan dengan adanya penyusunan tugas akhir (skripsi) yang dilakukan oleh mahasiswa atas nama :

Nama : Indah Maria Tioday Lumban Gaol
NIM : 1813031033
Program Studi : Pendidikan Kimia

Kami mohon kesediaan Bapak sebagai validator ahli isi pada skripsi yang berjudul "Pengembangan Bahan Ajar Berbasis Kimia Hijau pada materi Laju reaksi".

Demikian surat pengantar ini dibuat agar dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.
Atas perhatian dan bantuan Bapak, kami mengucapkan terimakasih.

Koordinator PS Pend.Kimia

Dr. Siti Maryam, M.Kes
NIP.196202211986012001

Lampiran 19. Surat Permohonan Validator Media



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
JURUSAN KIMIA
PRODI PENDIDIKAN KIMIA
Jalan Udayana No.11 Singaraja-Bali 81116

Nomor : 51/UN48.9.8.2/TU/2022
Prihal : Permohonan Sebagai Validator

17 Nopember 2022

Kepada Yth. Bapak Prof. Dr. I Wayan Redhana, M.Si
di
Tempat

Dengan hormat, sehubungan dengan adanya penyusunan tugas akhir (skripsi) yang dilakukan oleh mahasiswa atas nama :

Nama : Indah Maria Tioday Lumban Gaol
NIM : 1813031033
Program Studi : Pendidikan Kimia

Kami mohon kesediaan Bapak sebagai validator ahli media pada skripsi yang berjudul "Pengembangan Bahan Ajar Berbasis Kimia Hijau pada materi Laju reaksi."

Demikian surat pengantar ini dibuat agar dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.
Atas perhatian dan bantuan Bapak, kami mengucapkan terimakasih.

Koordinator PS Pend. Kimia

Dr. Siti Maryam, M.Kes
NIP.196202211986012001

Lampiran 20. Surat Permohonan Validator Bahasa



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
JURUSAN KIMIA
PRODI PENDIDIKAN KIMIA
Jalan Udayana No.11 Singaraja-Bali 81116

Nomor : 50/UN48.9.8.2/TU/2022
Prihal : Permohonan Sebagai Validator

17 Nopember 2022

Kepada Yth. Bapak Dr. I Wayan Artika, S.Pd, M.Hum.
di
Tempat

Dengan hormat, sehubungan dengan adanya penyusunan tugas akhir (skripsi) yang dilakukan oleh mahasiswa atas nama :

Nama : Indah Maria Tioday Lumban Gaol
NIM : 1813031033
Program Studi : Pendidikan Kimia

Kami mohon kesediaan Bapak sebagai validator ahli bahasa pada skripsi yang berjudul "Pengembangan Bahan Ajar Berbasis Kimia Hijau pada materi Laju reaksi."

Demikian surat pengantar ini dibuat agar dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.
Atas perhatian dan bantuan Bapak, kami mengucapkan terimakasih.

Koordinator PS Pend. Kimia

Dr. Siti Maryam, M.Kes
NIP.196202211986012001

Lampiran 21. Dokumentasi Penelitian



Lampiran 22. Produk Bahan Ajar





**Program Studi Pendidikan Kimia
Universitas Pendidikan Ganesha**

**Bahan Ajar
Bermuatan Kimia Hijau**

Laju Reaksi

**UNTUK SMA/MA
KELAS XI**

Indah Lumban Gaol

PRAKATA

Bahan ajar Bermuatan Kimia Hijau pada materi laju reaksi memuat konten bermuatan kimia hijau yang relevan dan dapat dikaitkan dengan materi laju reaksi. Adanya bahan ajar ini diharapkan dapat menambah sumber belajar siswa. Bahan ajar bermuatan kimia hijau pada materi laju reaksi disajikan dalam satu bab yang terdiri dari tiga subbab. Ketiga subbab adalah sebagai berikut.

- Subbab 1 : Konsep Laju Reaksi
- Subbab 2 : Faktor-faktor yang mempengaruhi Laju Reaksi
- Subbab 3 : Persamaan Laju Reaksi

Setiap subbab dalam bahan ajar ini dilengkapi kegiatan siswa yang dapat digunakan untuk meningkatkan pemahaman siswa terhadap materi laju reaksi. Pada akhir bab disajikan uji kompetensi untuk menguji pemahaman siswa terhadap materi yang sudah dipelajari.

Bahan ajar bermuatan kimia hijau pada materi laju reaksi ini masih jauh dari sempurna, segala kritik dan saran yang sifatnya membangun sangat penulis butuhkan. Semoga bahan ajar ini dapat bermanfaat dalam pembelajaran kimia.

Singaraja, 15 September 2022

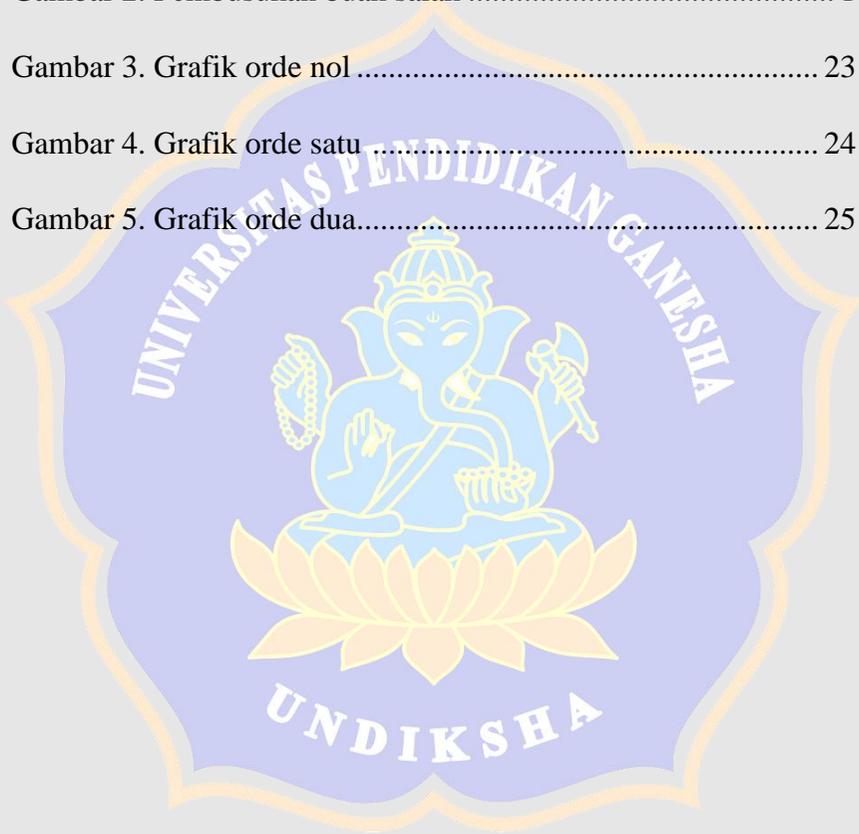
Penulis

DAFTAR ISI

Prakata	i
Daftar Isi	ii
Daftar Gambar	iii
Peta Konsep	iv
KI, KD, dan Indikator	v
Pengantar	1
Uraian materi	
A. Konsep Laju Reaksi	7
B. Faktor-Faktor yang Memengaruhi Laju Reaksi.....	13
C. Persamaan Laju Reaksi.....	22
Rangkuman.....	29
Uji Kompetensi	30
Daftar Pustaka	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Perkaratan logam besi	1
Gambar 2. Pembusukan buah salak	1
Gambar 3. Grafik orde nol	23
Gambar 4. Grafik orde satu	24
Gambar 5. Grafik orde dua.....	25



PETA KONSEP



KI, KD DAN INDIKATOR

Kompetensi Inti	Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Indikator
<p>3. Memahami, menerapkan, dan menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, procedural, dan metakognitif berdasarkan rasa ingintahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dengan wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian,</p>	<p>3.6 Menjelaskan faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi.</p>	<p>Laju Reaksi</p> <ul style="list-style-type: none"> • Konsep laju reaksi • Faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi • Persamaan laju reaksi 	<p>1. Mendefinisikan laju reaksi. 2. Menjelaskan faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi.</p>
	<p>3.7 Menentukan orde reaksi dan tetapan laju reaksi berdasarkan data hasil percobaan.</p>		<p>1. Menjelaskan cara menghitung orde reaksi dan persamaan laju reaksi 2. Mengolah dan menganalisis data untuk menentukan orde reaksi dan persamaan laju reaksi.</p>

<p>serta menerapkan pengetahuan prosedural pada bidang kajian spesifik sesuai dengan bakat dan minatnya untuk memecahkan masalah.</p>			
<p>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 metoda sesuai kaidah keilmuan.</p>	<p>4.6 Menyajikan hasil penelusuran informasi cara-cara pengaturan dan penyimpanan bahan untuk mencegah perubahan fisika dan kimia yang tak terkendali.</p>		<ol style="list-style-type: none"> 1. Menelusuri informasi cara-cara pengaturan dan penyimpanan bahan untuk mencegah perubahan fisika dan kimia yang tak terkendali. 2. Menyajikan hasil penelusuran informasi cara-cara pengaturan dan penyimpanan bahan untuk mencegah fisika dan kimia yang tak terkendali.
	<p>4.7 Merancang, melakukan, dan menyimpulkan serta menyajikan</p>		<ol style="list-style-type: none"> 1. Merancang percobaan faktor-faktor yang

	<p>hasil percobaan faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi dan orde reaksi.</p>		<p>mempengaruhi laju reaksi dan orde reaksi.</p> <ol style="list-style-type: none"> 2. Melakukan percobaan faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi dan orde reaksi. 3. Menyimpulkan serta menyajikan hasil percobaan faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi dan orde reaksi.
--	---	--	---



PENGANTAR



Gambar 1. Perkaratan logam besi.

Dalam kehidupan sekitar, kalian tentu sering menjumpai reaksi yang berlangsung cepat, sedang, dan juga lambat, bahkan sangat lambat. Misalnya, petasan yang dinyalakan, perkaratan logam, pembusukan makanan/buah, dan masaknya buah-buah setelah diperam. Ketika belajar tentang ilmu kimia, kalian tidak hanya harus tahu pada apa yang bereaksi, tetapi juga seberapa cepat reaksi itu terjadi. Pada bahan ajar ini akan mempelajari lebih lanjut tentang laju reaksi yang menerapkan prinsip-prinsip kimia hijau.



Gambar 2. Pembusukan Buah Salak

Apa itu Kimia Hijau?

Istilah kimia hijau pertama kali digunakan oleh Paul T. Anastas dalam program yang diluncurkan oleh organisasi EPA untuk mengimplementasikan pembangunan berkelanjutan di bidang kimia dan teknologi kimia dengan industri, akademik dan pemerintah di Amerika Serikat tahun 1991 (Wardencki *et al.*, 2004). Kimia hijau adalah kajian dalam bidang kimia yang berfokus pada penerapan sejumlah prinsip kimia dalam merancang, menggunakan, memproduksi bahan kimia untuk mengurangi pemakaian bahan berbahaya yang dapat mengganggu kesehatan makhluk hidup dan lingkungan (Nurbaity, 2011).

Kimia hijau menggabungkan pendekatan baru untuk sintesis, pemrosesan, dan penerapan bahan kimia untuk mengurangi dampak buruk terhadap kesehatan dan lingkungan. Kimia hijau adalah suatu pendekatan yang menyarankan bagaimana untuk mengurangi dampak buruk dari penggunaan bahan kimia berbahaya untuk desain produk dan proses kimia. Berdasarkan pengertian tersebut dapat disimpulkan bahwa kimia hijau adalah kajian dalam bidang kimia yang dirancang untuk mengurangi dampak negatif dari penggunaan bahan kimia berbahaya yang dapat mengganggu kesehatan manusia dan lingkungan.

LAJU REAKSI_SMA KELAS XI

Anastas dan Warner (dalam Wardencki *et al.*, 2004; Fajaroh, 2018; Rifqa, 2022; Karyawati, 2020) mengembangkan 12 prinsip pengaplikasian kimia hijau sebagai berikut.

1. Pencegahan
Prinsip yang menekankan lebih baik mencegah daripada mengolah atau menanggulangi limbah setelah limbah dihasilkan.
2. Ekonomi atom
Metode sintesis yang dirancang dengan memaksimalkan keterlibatan atom-atom reaktan membentuk produk akhir.
3. Sintesis bahan kimia yang kurang berbahaya
Metode sintesis dirancang untuk menggunakan dan menghasilkan zat yang memiliki sedikit atau tanpa toksisitas terhadap makhluk hidup dan lingkungan.
4. Merancang bahan kimia yang lebih aman
Bahan kimia dirancang untuk memperoleh fungsi yang diinginkan dan dapat meminimalkan toksisitas.
5. Pelarut dan bahan kimia tambahan yang lebih aman
Penggunaan bahan kimia tambahan seperti pelarut, pemisahan agen, dan lain-lain harus dibuat sebisa mungkin dan tidak berbahaya ketika digunakan.
6. Desain untuk efisiensi energi
Kebutuhan energi dari proses kimia diminimalkan dan diketahui dengan baik dampaknya terhadap lingkungan. Jika memungkinkan, proses sintesis dilakukan pada suhu dan tekanan sekitar.

LAJU REAKSI_SMA KELAS XI

7. Penggunaan bahan baku terbarukan
Penggunaan bahan-bahan kimia secara terus menerus mengakibatkan bahan kimia tersebut habis sehingga perlu digunakan dan diutamakan bahan-bahan terbarukan.
8. Mengurangi senyawa turunan
Mengurangi senyawa turunan harus diminimalkan atau dihindari karena langkah-langkah tersebut memerlukan tambahan reagen dan dapat menghasilkan limbah.
9. Katalis
Katalis memiliki fungsi untuk menurunkan dan mempercepat energi aktivasi hingga berjuta kali. Penggunaan katalis menggunakan lebih sedikit energi, menghindari penggunaan senyawa organoklorin dan dapat mengurangi penggunaan limbah.
10. Desain untuk degradasi
Produk kimia harus dirancang sedemikian rupa sehingga mudah diuraikan di akhir fungsinya dan menjadi produk degradasi yang tidak berbahaya dan tidak bertahan lama di lingkungan.
11. Analisis seketika untuk pencegahan polusi
Metode analitik perlu dilakukan untuk memantau dan mencegah terbentuknya zat berbahaya secara langsung pada setiap tahap dari proses sintesis.

LAJU REAKSI_SMA KELAS XI

12. Kimia aman untuk pencegahan kecelakaan

Memilih zat dan bentuk zat yang digunakan dalam proses kimia untuk meminimalkan potensi kecelakaan kimia seperti ledakan dan kebakaran.

Beyond Benign (dalam Karyawati, 2020) menyatakan berbagai manfaat yang didapat melalui integrasi kimia hijau dalam lembaga pendidikan diantaranya sebagai berikut.

- a. Sekolah yang lebih sehat dan aman
Kegiatan laboratorium dirasa tepat menjadi sasaran untuk mengenalkan konsep kimia hijau pada saat praktikum kimia. Dengan begitu, para siswa bisa mengetahui bahwa praktikum yang dikerjakannya telah berbasis kimia hijau yang menggunakan bahan yang tidak berbahaya, proses aman dan tidak menghasilkan limbah yang membahayakan lingkungan dan kesehatan.
- b. Masyarakat yang memiliki informasi yang baik
Mata pelajaran sains seringkali diajarkan tanpa konteks, yaitu bagaimana konsep tersebut dapat masuk ke dalam kehidupan sehari-hari siswa atau masyarakat. Konsep kimia hijau dapat memberikan konteks berharga untuk mempelajari dan memahami mata pelajaran ilmiah (Wahyuningsih dan Rohmah, 2017).
- c. Ketahanan dan keterlibatan siswa yang lebih banyak

LAJU REAKSI_SMA KELAS XI

Penerapan kimia hijau memberi kesempatan kepada siswa untuk melibatkan diri dalam masalah ilmu pengetahuan dan pembangunan yang berkelanjutan.

d. Persiapan yang lebih baik untuk tenaga kerja

Penerapan prinsip kimia hijau dalam mata pelajaran ataupun program kuliah kimia dapat memberikan lulusan yang lebih baik dalam mendesain produk dan proses.

Salah satu contoh laju reaksi dalam kehidupan adalah perkaratan logam besi. Perkaratan logam besi yang disajikan pada gambar 1, menunjukkan proses laju reaksi yang berlangsung lama atau dalam ukuran minggu. Logam besi yang berkarat bersifat karsinogenik dan toksik sehingga dapat merugikan kesehatan manusia. Cara untuk mencegah perkaratan dapat dilakukan dengan mengecat permukaan logam, *coating* (memberi oli atau minyak pada permukaan logam), galvanisasi (melapisi logam dengan seng), dan electroplating (melapisi logam dengan metode elektrolisis).

Prinsip Kimia Hijau yang diintegrasikan:

- Pencegahan

A. KONSEP LAJU REAKSI

Reaksi kimia berlangsung dengan kecepatan yang berbeda. Laju reaksi menyatakan seberapa cepat atau lambat suatu reaksi berlangsung. Reaksi kimia dapat berlangsung dengan laju yang berbeda-beda. Suatu reaksi kimia berkaitan dengan perubahan dari pereaksi (reaktan) menjadi hasil reaksi (produk). Laju reaksi dapat didefinisikan sebagai berkurangnya jumlah pereaksi per satuan waktu atau bertambahnya jumlah hasil reaksi per satuan waktu. Jika kalian mereaksikan suatu senyawa tertentu, seiring dengan berjalannya waktu reaksi, jumlah senyawa yang bereaksi semakin sedikit. Sebaliknya, jumlah senyawa yang terbentuk semakin banyak.

Dalam reaksi kimia yang biasa digunakan sebagai ukuran jumlah zat adalah konsentrasi molar atau molaritas. Molaritas adalah salah satu cara untuk menyatakan konsentrasi larutan, selain molalitas dan fraksi mol. Molaritas menyatakan banyaknya mol zat terlarut dalam satu liter larutan. Molaritas dilambangkan dengan notasi M dan satuannya adalah mol/liter. Rumus yang digunakan untuk mencari molaritas larutan adalah:

$$M = \frac{n}{V}$$

LAJU REAKSI_SMA KELAS XI

Apabila zat yang akan dicari molaritasnya dalam satuan gram dan volumenya dalam milliliter, maka dapat dihitung dengan rumus:

$$M = n \times \frac{1000}{\text{mL}} \text{ atau } M = \frac{g}{Mr} \times \frac{1000}{\text{mL}}$$

Keterangan:

- M = molaritas (mol/liter)
 n = mol zat terlarut (mol)
 V = volume larutan (liter)
 g = massa zat terlarut (gram)
 Mr = massa molekul relatif zat terlarut

Contoh soal 1

1. Tentukan molaritas 0.4 mol HCl dalam 1 liter larutan!
2. Tentukan molaritas larutan yang dari 4 gram NaOH yang dilarutkan ke dalam air sampai volumenya menjadi 500 mL!

Penyelesaian:

1. $M = \frac{n}{V} = \frac{0,4}{1} = 0,4 \text{ mol/liter}$

2. $g = 4 \text{ gram}; V = 500 \text{ mL}$

$$M = \frac{g}{Mr} \times \frac{1000}{\text{mL}} = \frac{4}{40} \times \frac{1000}{500} = 0,2 \text{ M}$$

LAJU REAKSI_SMA KELAS XI

Info Bahan Kimia

HCl (asam klorida) bersifat korosif dan jika terkena kulit dapat menyebabkan iritasi dan luka bakar. Jika terhirup cairan dapat mengakibatkan iritasi pada saluran pernapasan seperti batuk, tersedak hingga sesak napas. Jika terkena mata dapat mengakibatkan radang mata dengan gejala kemerahan, berair dan gatal-gatal. Jika tertelan dapat mengakibatkan gangguan pencernaan.

Kegunaan: sebagai pereaksi dalam produksi massal senyawa kimia organik seperti vinil klorida untuk plastic PVC, dapat digunakan sebagai produksi gelatin dan aditif makanan.

Pencegahan: gunakan pakaian pelindung, sarung tangan, kacamata dan pelindung muka.

Penanganan dan penyimpanan:

- Simpan bahan dalam wadah tertutup rapat, di tempat yang dingin, kering, dan berventilasi baik.
- Gunakan bahan dalam lemari asam di laboratorium dan jangan lupa mencuci tangan setelah memegang.

Pertolongan pertama:

- Jika terkena kulit: bilas dengan air minimal 15 menit.
- Jika terkena mata: bilas dengan air dan buka tutup pelupuk mata beberapa kali.
- Jika terpapar atau merasa tidak sehat segera hubungi dokter.

Pengelolaan limbah:

Sebelum dibuang ke bak saluran pembuangan, sebaiknya diencerkan dengan air.

Prinsip kimia aman untuk pencegahan kecelakaan fokus pada keamanan peserta dalam kegiatan praktikum dan meminimalisasi potensi kecelakaan. Oleh karena itu diberikan informasi untuk mengkaji reaksi-reaksi kimia, sifat bahan kimia yang digunakan, dan mengolah limbah sebelum dibuang. Hal ini bertujuan agar terhindar dari bahaya yang ditimbulkan oleh bahan tersebut.

LAJU REAKSI_SMA KELAS XI

Adakalanya, larutan yang tersedia di laboratorium berupa larutan yang memiliki konsentrasi tinggi (larutan pekat), sehingga jika kita memerlukan larutan yang memiliki konsentrasi rendah maka perlu mengencerkannya terlebih dahulu. Pengenceran merupakan penambahan zat pelarut ke dalam suatu larutan yang pekat untuk memperoleh larutan baru yang memiliki konsentrasi rendah. Jumlah mol pengenceran harus sama dengan jumlah mol setelah pengenceran, sehingga:

$$M_1 V_1 = M_2 V_2$$

Keterangan:

M_1 = konsentrasi molar awal

V_1 = volume larutan awal

M_2 = konsentrasi molar setelah pengenceran

V_2 = volume larutan setelah pengenceran

Contoh soal 2

Tentukan molaritas larutan yang terjadi, jika 100 mL larutan H_2SO_4 2 M ditambah 250 mL air!

Penyelesaian:

$$M_1 V_1 = M_2 V_2$$

$$2 \times 100 = M_2 \times 250$$

$$200 = 250 M_2$$

$$M_2 = 0,8 \text{ M}$$

LAJU REAKSI_SMA KELAS XI

Info Bahan Kimia

H_2SO_4 (asam sulfat) berupa cairan tidak berwarna dan bersifat korosif. Jika terkena kulit dapat mengakibatkan luka bakar. Jika terkena mata dapat menyebabkan iritasi.

Pencegahan: gunakan pakaian pelindung, sarung tangan, kacamata dan pelindung muka.

Penanganan dan penyimpanan:

- Simpan bahan dalam wadah tertutup rapat, di tempat yang dingin, kering, dan berventilasi baik.
- Cuci tangan setelah memegang bahan.

Pertolongan pertama:

- Jika terkena kulit: bilas dengan air minimal 15 menit.
- Jika terkena mata: bilas dengan air dan buka tutup pelupuk mata beberapa kali.
- Jika terpapar atau merasa tidak sehat segera hubungi dokter.

Latihan Soal 1

1. Hitunglah massa $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ yang harus ditimbang untuk membuat 500 mL larutan $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 0.05 M (Ar K = 39, Cr = 52, dan O = 16)!
2. Hitunglah besarnya molaritas larutan asam nitrat yang mengandung 63% HNO_3 massa jenisnya 1.8 kg L^{-1} (Ar H = 1, N = 14, O = 16)!
3. Berapakah volume larutan HCl 0,2 M yang dibuat dari 5,88 mL larutan HCl berkadar 36,5% dan massa jenis 1.7 kg L^{-1} (Ar H = 1, dan Cl = 35,5)!
4. Berapa volume air yang harus ditambahkan pada 50 mL larutan HNO_3 2 M untuk membuat larutan HNO_3 0,5 M?

Solusi Kimia

Penambahan air ke dalam asam sulfat pekat itu sangat berbahaya.

Larutan pekat biasanya berasap (mudah menguap) dan sangat korosif. Dengan demikian, pengerjaan larutan dari larutan pekat harus dilakukan dalam lemari asam dan dilakukan secara hati-hati mengikuti aturan keselamatan.

Salah satu larutan pekat yaitu asam sulfat pekat. Saat mengencerkan asam sulfat pekat, tentunya harus dilakukan dengan menambahkan asam sulfat ke dalam air dan bukan sebaliknya. Air memiliki massa jenis yang lebih rendah daripada asam sulfat, sehingga apabila air ditambahkan ke dalam asam sulfat pekat dapat mendidih dan bereaksi dengan keras. Dapat menyebabkan ledakan dan luka bakar asam pada kulit, pakaian dan bagian tubuh lainnya. Dengan demikian, selalu tambahkan asam sulfat ke dalam air maka asam sulfat akan segera menyebar sehingga lebih aman.



B. FAKTOR - FAKTOR YANG MEMPENGARUHI KONSEP LAJU REAKSI

Reaksi kimia tidak akan terlepas dalam kehidupan sehari-hari dengan kecepatan yang berbeda-beda. Misalnya ketika memasak air menggunakan kompor, apa yang dilakukan supaya air cepat mendidih? Dan ketika membuat teh membutuhkan air mendidih, mengapa tidak menggunakan air dingin? Atau mengapa gula yang dimasukkan dalam teh harus diaduk? Mengapa tidak dibiarkan saja sampai larut sendirinya? Mengapa makanan ketika dimasukkan lemari es menjadi lebih awet dibandingkan jika diletakkan di lemari biasa? Dan masih banyak pertanyaan lain dalam kehidupan sehari-hari yang berhubungan dengan kecepatan reaksi.

Air akan cepat mendidih dengan memperbesar nyala api. Dengan memperbesar nyala api berarti meningkatkan suhu sehingga dapat mempercepat air mendidih. Larutan teh biasanya memang dibuat menggunakan air panas, agar sari teh dapat larut dalam air daripada menggunakan air dingin. Ketika membuat teh, gula harus diaduk supaya cepat larut. Penyimpanan makanan di lemari es dapat memperlambat reaksi pembusukan sehingga makanan dapat lebih awet. Reaksi kimia dapat terjadi dengan berbagai variasi dan dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu suhu, luas permukaan reaktan, konsentrasi reaktan, dan katalisator (Wirasti, 2021).

LAJU REAKSI_SMA KELAS XI

1) Suhu

Jika suhu dinaikkan, maka laju reaksi akan berlangsung lebih cepat. Dengan naiknya suhu reaksi, energi kinetik molekul reaktan akan bertambah. Semakin bertambahnya energi kinetik dapat menyebabkan molekul-molekul reaktan bergerak lebih cepat yang mengakibatkan tumbukan antar molekul reaktan yang bereaksi lebih sering terjadi. Dengan demikian laju reaksi akan berlangsung lebih cepat.



Kegiatan Praktikum 1

Pengaruh Suhu Terhadap Laju Reaksi

1. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan adalah gelas kimia, batang pengaduk dan stopwatch. Bahan yang digunakan adalah tablet vitamin C, larutan iodium, larutan H_2O_2 dan pati (Redhana et al., 2020; Redhana, 2014; Wright, 2002).

2. Cara kerja

Reaksi dilakukan pada berbagai suhu, dalam hal ini suhu $15^{\circ}C$, $25^{\circ}C$, $40^{\circ}C$.

- Gerus tablet vitamin C lalu larutkan dalam 60 mL aquades.

LAJU REAKSI_SMA KELAS XI

- Buat larutan A dengan campuran 5 mL vitamin C, 5 mL larutan iodium dan 60 mL air dingin pada suhu 12°C lalu labeli larutan.
- Buat larutan B dengan campuran 15 mL larutan H₂O₂ 3%, 2 mL pati dan 60 mL air dingin pada suhu 12°C lalu labeli larutan.
- Campur larutan A dan larutan B hingga merata.
- Amati perubahan warna yang terjadi.
- Buat larutan C dengan campuran 5 mL vitamin C, 5 mL iodium, dan 60 mL air panas pada suhu 40°C.
- Buat larutan D dengan campuran 15 mL larutan H₂O₂ 3%, 2 mL pati, dan 60 mL air panas.
- Campur larutan C dan larutan D hingga merata.

3. Tabel Pengamatan

No	Reaktan	Waktu (s)
1	Larutan A + larutan B (air dingin)
2	Larutan C + larutan D (air panas)

Prinsip Kimia Hijau yang diintegrasikan:

- Kimia aman untuk pencegahan kecelakaan

2) Konsentrasi

Suatu reaksi akan berlangsung lebih cepat jika konsentrasi pereaksi diperbesar. Konsentrasi pereaksi berhubungan dengan frekuensi tumbukan. Semakin tinggi konsentrasi, semakin banyak molekul-molekul pereaksi yang bereaksi sehingga semakin besar kemungkinan terjadinya tumbukan antar molekulnya. Dengan demikian laju reaksi akan berlangsung lebih cepat.



Kegiatan Praktikum 2

Pengaruh Konsentrasi terhadap Laju Reaksi

1. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan adalah gelas kimia, batang pengaduk, dan stopwatch. Bahan yang digunakan adalah tablet vitamin C, larutan H_2O_2 3%, iodine tincture, pati, dan air.

2. Cara kerja

- Gerus tablet vitamin C lalu larutkan dalam 60 mL aquadest dan beri label.
- Buat larutan A, campuran 5 mL vitamin C, 5 mL iodine dan 60 mL aquades.

LAJU REAKSI_SMA KELAS XI

- Buat larutan B, campuran 60 mL aquades, 15 mL larutan H_2O_2 3% dan 2 mL pati.
- Campur larutan A dan larutan B hingga tercampur merata.
- Amati perubahan warna yang terjadi dan catat waktu yang diperlukan hingga terjadi perubahan warna.
- Buat larutan C, campuran 5 mL vitamin C, 5 mL iodium, dan 30 mL aquades.
- Buat larutan D, campuran 15 mL larutan H_2O_2 3%, 2 mL pati, dan 30 mL aquades.
- Campur larutan C dan larutan D hingga tercampur merata.
- Amati perubahan warna yang terjadi dan catat waktu yang diperlukan hingga terjadi perubahan warna.

3. Tabel Pengamatan

No	Reaktan	Waktu (s)
1	Larutan A + larutan B
2	Larutan C + larutan D

Prinsip Kimia Hijau yang diintegrasikan:

- Kimia aman untuk pencegahan kecelakaan

3) Luas Permukaan

Suatu zat akan bereaksi jika bercampur dan bertumbukan. Pada campuran reaktan yang terdiri dari dua fasa atau lebih, tumbukan terjadi pada bagian permukaan zat. Padatan berbentuk serbuk halus memiliki luas permukaan bidang sentuh yang lebih besar daripada padatan berbentuk lempeng atau butiran. Dengan memperbesar luas permukaan, reaksi akan berlangsung lebih cepat.



Kegiatan Praktikum 3

Pengaruh Luas Permukaan Terhadap Laju Reaksi

1. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan adalah gelas kimia dan stopwatch. Bahan yang digunakan dalam kegiatan praktikum ini adalah bahan yang aman dan ramah lingkungan yaitu tablet effervescent dan air. Tablet effervescent adalah tablet yang terbuat dari bahan alami yang dibuat dengan cara kompresi granul (campuran serbuk). Tablet ini mengandung asam sitrat, asam tartrat, natrium bikarbonat, vitamin A, B1, B2, C, dan D (Aprilia, A., *et al.* 2021). Kandungan yang diutamakan dalam tablet ini dalam konteks pengaruh luas permukaan terhadap laju reaksi adalah asam sitrat, asam

LAJU REAKSI_SMA KELAS XI

tartrat, dan natrium bikarbonat, bukan kandungan lainnya. Ukuran tablet yang digunakan dibuat berbeda meliputi tablet utuh dan butiran dengan massa yang sama.

2. Cara Kerja

- Siapkan dua buah gelas kimia dan masukkan 30 mL aquades
- Masukkan tablet effervescent utuh ke gelas A dan masukkan tablet effervescent ke gelas kimia B
- Nyalakan stopwatch tepat saat tablet mulai bereaksi dengan aquades sampai habis bereaksi.
- Catat waktu reaksi dari masing-masing gelas kimia.

3. Tabel Pengamatan

No	Reaktan	Waktu (s)
1	Gelas A (tablet effervescent utuh)
2	Gelas B (tablet effervescent butiran)

Prinsip Kimia Hijau yang diintegrasikan:

- Kimia aman untuk pencegahan kecelakaan

4) Katalisator

Katalisator merupakan zat yang ikut bereaksi mempercepat laju reaksi, tetapi setelah reaksi berhenti akan terbentuk zat katalisator kembali. Setelah reaksi berlangsung, katalisator akan diperoleh kembali dalam jumlah yang tetap.

Info Kimia

Tahukah kamu? Dengan teknologi sederhana, singkong dapat diolah menjadi tape yang memiliki tekstur lembut, berasa manis dan mengandung alkohol. Olahan ini membutuhkan ragi guna membantu proses fermentasi. Dalam proses ini, ragi tape berfungsi sebagai katalis untuk mempercepat laju reaksi.



Kegiatan Praktikum 4

Pengaruh Katalis terhadap Laju Reaksi

1. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan adalah gelas kimia, stopwatch, lumpang dan alu.

Bahan yang digunakan adalah larutan H_2O_2 3% dan kentang. Kentang mengandung enzim katalase yang membantu penguraian H_2O_2 (suatu zat yang berbahaya)

LAJU REAKSI_SMA KELAS XI

menjadi H₂O dan O₂ (suatu zat yang tidak berbahaya).

Reaksi yang terjadi dituliskan:



2. Cara Kerja

- Haluskan buah kentang menggunakan lumpang dan alu, lalu tambahkan 10 mL dan saring untuk diambil filtratnya.
- Masukkan 10 mL larutan H₂O₂ 3% pada dua buah gelas kimia lalu beri label A dan B.
- Tambahkan 6 mL filtrat kentang pada gelas kimia A.
- Amati dan catat waktu yang dibutuhkan saat terbentuknya gelembung gas pada kedua gelas kimia.

3. Tabel Pengamatan

No	Reaktan	Waktu (s)
1	Gelas A (larutan H ₂ O ₂ 3% + filtrat kentang)
2	Gelas B (larutan H ₂ O ₂ 3%)

Prinsip Kimia Hijau yang diintegrasikan:

- Bahan kimia aman untuk pencegahan kecelakaan

C. PERSAMAAN LAJU REAKSI

Laju reaksi bergantung pada konsentrasi reaktan. Hubungan antara laju reaksi dengan konsentrasi reaktan dinyatakan dalam suatu persamaan yang disebut dengan persamaan laju reaksi atau hukum laju reaksi.

Untuk reaksi:



Persamaan laju reaksi:

$$v = k [A]^x [B]^y$$

Keterangan:

v = laju reaksi

k = tetapan laju reaksi

x = orde reaksi terhadap A

y = orde reaksi terhadap B

Harga tetapan laju reaksi (k) bergantung pada suhu reaksi. Apabila suhu reaksi berubah, maka terjadi perubahan pada harga k. Setiap reaksi mempunyai harga k tertentu pada suhu tertentu. Reaksi yang berlangsung secara cepat mempunyai

LAJU REAKSI_SMA KELAS XI

harga k yang besar dan reaksi yang berlangsung lambat mempunyai harga k yang kecil.

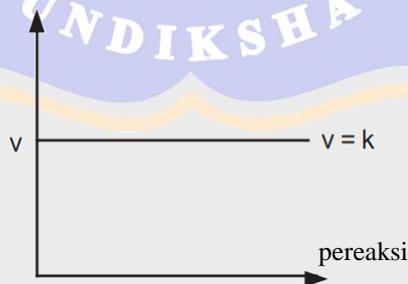
Orde reaksi merupakan bilangan berpangkat dari konsentrasi reaktan yang bereaksi. Orde reaksi tidak sama dengan koefisien reaksi. Orde reaksi hanya dapat ditentukan secara percobaan dan tidak dapat diturunkan dari koefisien persamaan reaksi. Orde reaksi keseluruhan adalah jumlah total dari orde reaksi semua reaktan.

$$\text{Orde reaksi total} = x + y$$

Orde reaksi menunjukkan hubungan antara perubahan konsentrasi pereaksi dengan perubahan laju reaksi. Hubungan antara keduanya dapat dinyatakan dengan grafik orde reaksi.

- Reaksi orde nol

Pada reaksi orde nol, laju reaksi tidak dipengaruhi oleh konsentrasi pereaksi. Artinya, walaupun konsentrasi pereaksi mengalami peningkatan tidak akan mempengaruhi besarnya laju reaksi.



Sumber: Permana, I. 2009

Gambar 3. Grafik reaksi orde nol

LAJU REAKSI_SMA KELAS XI

- Reaksi orde satu

Pada reaksi orde satu, laju reaksi berbanding lurus dengan konsentrasi pereaksi. Artinya, apabila konsentrasi dinaikkan dua kali, maka laju reaksi juga akan naik sebanyak dua kali dari semula.



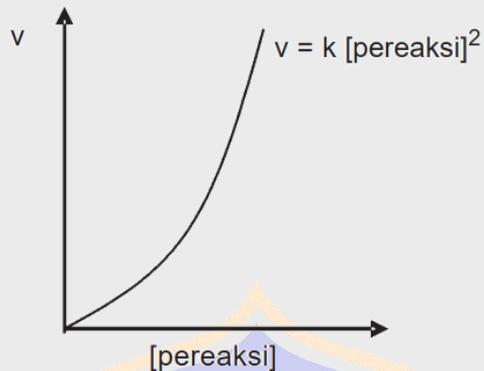
Sumber: Permana, I. 2009

Gambar 4. Grafik reaksi orde satu

- Reaksi orde dua

Pada reaksi orde dua, laju reaksi sebanding dengan kenaikan konsentrasi pereaksi pangkat dua. Artinya, apabila konsentrasi dinaikkan dua kali, maka laju reaksi akan naik empat kali dari semula.

LAJU REAKSI_SMA KELAS XI

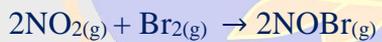


Sumber: Permana, I. 2009

Gambar 5. Grafik reaksi orde dua

Contoh Soal 3

Tabel dibawah ini menunjukkan hasil percobaan penentuan laju reaksi gas bromin dengan gas nitrogen oksida pada suhu 800°C , dengan persamaan reaksi:



Percobaan	Konsentrasi Awal (M)		Laju reaksi (M/detik)
	NO	Br	
1	0,1	0,05	6
2	0,1	0,1	12
3	0,2	0,05	24
4	0,3	0,05	54

Berdasarkan data percobaan tersebut, kalian dapat menentukan orde reaksi terhadap gas bromin dengan gas nitrogen oksida.

LAJU REAKSI_SMA KELAS XI

Orde reaksi terhadap NO ditentukan dari harga konsentrasi Br yang dibuat konstan, sedangkan orde reaksi Br ditentukan dari konsentrasi NO yang dibuat konstan. Jadi, dari data tersebut orde reaksi terhadap NO, pilih konsentrasi Br yang tetap yaitu percobaan 1 dan 3, yaitu sebagai berikut.

$$\frac{v_1}{v_3} = \frac{k \cdot [NO]^m \cdot [Br_2]^n}{k \cdot [NO]^m \cdot [Br_2]^n}$$

$$\frac{6}{24} = \frac{k \cdot (0,1)^m \cdot (0,05)^n}{k \cdot (0,2)^m \cdot (0,05)^n}$$

$$\frac{1}{4} = \left(\frac{1}{2}\right)^m$$

$$m = 2$$

Dari hasil perhitungan tersebut didapatkan orde reaksi terhadap NO adalah 2. Orde reaksi terhadap Br dapat ditentukan dengan memilih konsentrasi NO yang tetap yaitu percobaan 1 dan 2.

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{k \cdot [NO]^m \cdot [Br_2]^n}{k \cdot [NO]^m \cdot [Br_2]^n}$$

$$\frac{6}{12} = \frac{k \cdot (0,1)^m \cdot (0,05)^n}{k \cdot (0,1)^m \cdot (0,1)^n}$$

$$\frac{1}{2} = \left(\frac{1}{2}\right)^n$$

$$n = 1$$

LAJU REAKSI_SMA KELAS XI

Jadi, dari hasil perhitungan tersebut didapatkan orde reaksi terhadap Br adalah 1.

Latihan Soal 2

Nitrogen oksida (NO) bereaksi dengan H_2 membentuk N_2O dan H_2O yang memperoleh hasil percobaan yang disajikan pada tabel berikut.

Percobaan	Konsentrasi Awal (M)		Laju reaksi (M/detik)
	NO	H_2	
1	0,1	0,1	2
2	0,1	0,2	8
3	0,2	0,2	16

Tentukan:

- Orde reaksi terhadap NO
- Orde reaksi terhadap H_2
- Persamaan laju reaksi

Info Kimia

Kajian Awal Laju Reaksi Fotosintesis Untuk Penyerapan Gas CO₂ Menggunakan Mikroalga *Tetraselmis Chuii*

Meningkatnya konsentrasi CO₂ dari pembuangan proses industri dan pembakaran bahan bakar dapat mengakibatkan *global warming*. Untuk menanggulangi dan mencegah dampak pemanasan global ada beberapa cara yang dapat dilakukan antara lain (1) *biofuel* digunakan untuk menggantikan bahan bakar konvensional seperti batubara dimana gas buang pabrik yang menggunakan batubara memperoleh CO₂ yang lebih tinggi dibandingkan menggunakan *biofuel*; (2) melakukan penghematan bahan bakar minyak agar konsumsi energi menurun, yang akhirnya mengurangi laju produksi bahan bakar; (3) serta penyerapan gas CO₂ menggunakan bahan kimia dan tanaman. Tanaman yang digunakan yaitu mikroalga *Tetraselmis Chuii* dengan memanfaatkan prinsip fotosintesis. Dari ketiga kemungkinan orde yang ada, orde reaksi yang paling sesuai adalah didapatkan pada

Prinsip Kimia Hijau yang diintegrasikan:

- Kimia aman untuk pencegahan kecelakaan

RANGKUMAN

1. Molaritas merupakan banyaknya mol zat terlarut dalam satu liter larutan.
2. Laju reaksi adalah berkurangnya jumlah pereaksi per satuan waktu atau bertambahnya jumlah hasil reaksi per satuan waktu.
3. Faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi adalah suhu, konsentrasi, luas permukaan, dan katalisator.
4. Orde reaksi merupakan bilangan berpangkat dari konsentrasi reaktan yang bereaksi.
5. Orde reaksi total adalah jumlah total dari orde reaksi semua reaktan.

UJI KOMPETENSI

I. Pilihlah jawaban yang paling benar!

- 1) Molaritas larutan HNO_3 yang dibuat dengan melarutkan 0.10 mol HNO_3 ke dalam air sampai volumenya 2 liter adalah....
- A. 2.50 M
B. 0.20 M
C. 2.00 M
D. 0.05 M
E. 0.50 M
- 2) Volume H_2SO_4 5 M yang diperlukan untuk membuat 500 mL larutan H_2SO_4 0.05 M adalah....
- A. 25 mL
B. 15 mL
C. 5 mL
D. 35 mL
E. 45 mL
- 3) Massa Kristal NaOH yang diperlukan untuk membuat 250 mL larutan 0.1 M adalah....
- A. 1000 g
B. 100 g
C. 10 g
D. 0,1 g
E. 0,01 g
- 4) Dibawah ini faktor-faktor yang tidak mempengaruhi laju reaksi adalah....
- A. kecepatan
B. luas permukaan
C. konsentrasi
D. katalis
E. suhu
- 5) Reaksi berlangsung lebih cepat jika suhu sistem dinaikkan sebab kenaikan suhu akan mengakibatkan....

LAJU REAKSI_SMA KELAS XI

- A. Volume pereaksi bertambah
 - B. Jumlah partikel pereaksi bertambah
 - C. Konsentrasi pereaksi bertambah
 - D. Energi pengaktifan bertambah
 - E. Fraksi mol berenergi lebih besar daripada E_a bertambah
- 6) Pada temperatur 800°C , gas hidrogen bereaksi dengan nitrogen oksida dengan hasil percobaan sebagai berikut.

Percobaan	Konsentrasi awal (M)		Laju reaksi (M/detik)
	H_2	NO	
1	0,1	2	
2	0,2	0,1	
3	0,2	0,2	

- 7) Orde reaksi terhadap H_2 adalah
- A. 1
 - B. 3
 - C. 5
 - D. 2
 - E. 4
- 8) Orde reaksi terhadap NO adalah
- A. 1
 - B. 3
 - C. 5
 - D. 2
 - E. 4
- 9) Orde total dari reaksi tersebut adalah
- A. 1
 - D. 2

LAJU REAKSI_SMA KELAS XI

B. 3

E. 4

C. 5

10) Persamaan laju reaksinya adalah

A. $v = k [\text{H}_2]^x [\text{NO}]^y$

D. $v = k \text{H}_2$

B. $v = k [\text{H}_2]^x$

E. $v = k \text{NO}$

C. $v = k [\text{NO}]^y$

II. Kerjakan soal-soal berikut ini dengan benar!

1. Hitunglah besarnya molaritas larutan NaOH yang dibuat dengan melarutkan 16 gram NaOH ($A_r \text{Na} = 23$ dan $O = 16$) dalam 250 mL air!
2. Tuliskan dan jelaskan faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi!
3. Suatu reaksi berlangsung dua kali lebih cepat setiap kali suhu dinaikkan 10°C , jika laju reaksi pada suhu 25°C adalah x molar/detik, tentukan laju reaksinya pada suhu 55°C !
4. Pada suatu reaksi $\text{X}(\text{g}) + 3\text{Y}(\text{g}) \rightarrow \text{XY}_3(\text{g})$ diperoleh data percobaan sebagai berikut.

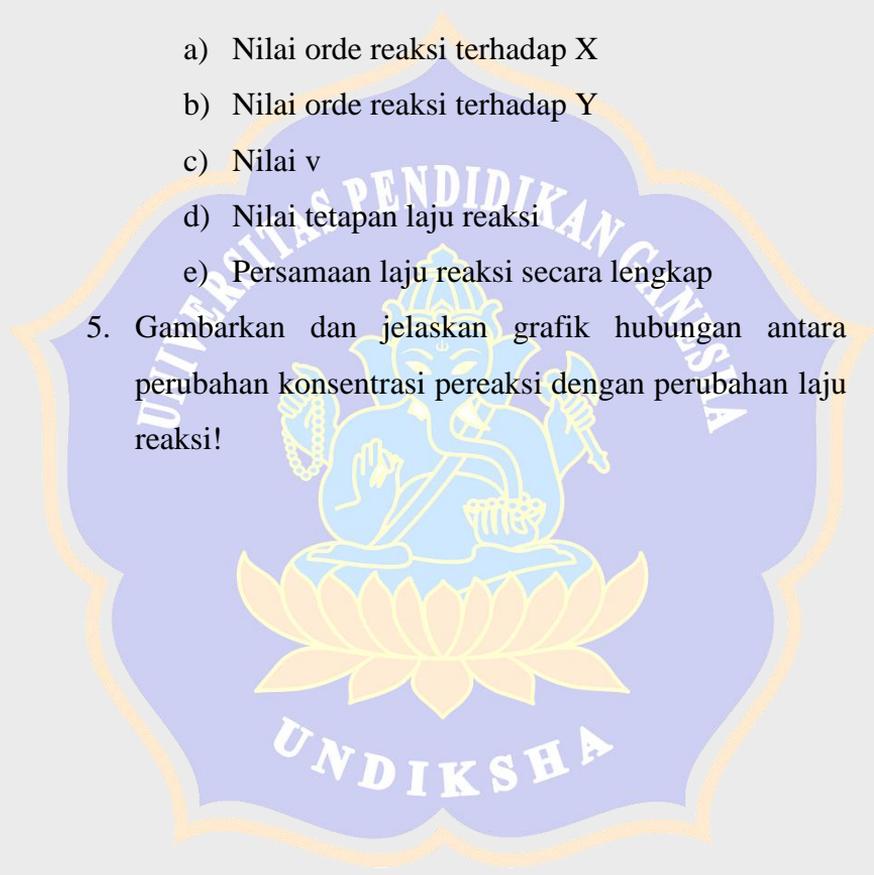
Percobaan	[X]	[Y]	Laju reaksi
1	0,1	0,1	0,002
2	0,1	0,2	0,008
3	0,1	0,3	0,018

LAJU REAKSI_SMA KELAS XI

4	0,2	0,1	0,002
5	0,3	0,1	0,002
6	0,4	0,3	v

Tentukan:

- Nilai orde reaksi terhadap X
 - Nilai orde reaksi terhadap Y
 - Nilai v
 - Nilai tetapan laju reaksi
 - Persamaan laju reaksi secara lengkap
5. Gambarkan dan jelaskan grafik hubungan antara perubahan konsentrasi pereaksi dengan perubahan laju reaksi!



DAFTAR PUSTAKA

- Afriani, H. N. 2019. Pengembangan Buku Petunjuk Praktikum Laju Reaksi dan Kestimbangan Kimia Berbasis Green Chemistry untuk SMA/MA Kelas XI Semester 1. Skripsi. UIN Walisongo.
- Aprilia, A., Satria, N. I., Septyarini, A. D., & Maherawati, M. 2021. Review: Formulasi Tablet Effervescent Berbahan Dasar Alami. *Agrointek: Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 15(4), 1001-1009.
- Damayanti, A., & Megawati. 2017. Bahan Ajar Kimia XI Bagian 1 SMK Kesehatan. Direktorat Pembinaan SMK Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.
- Fajaroh, F. 2018. Sintesis Nanopartikel dengan Prinsip Kimia Hijau. *Seminar Nasional Kimia dan Pembelajarannya (SNKP)*. 24-32.
- Hilmi, U. 2022. Buku Petunjuk Praktikum Kimia Berbasis Green Chemistry untuk SMA/MA Kelas XI Semester I. UIN Sayyid Ali Rahmatullah Tulung Agung.
- Karyawati, K. N. 2020. Pengembangan Bahan Ajar Reaksi Reduksi dan Oksidasi Berbasis Kimia Hijau Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa. Skripsi. Singaraja: Universitas Pendidikan Ganesha.

LAJU REAKSI_SMA KELAS XI

- Nurbaity. 2011. Pendekatan *Green Chemistry* Suatu Inovasi dalam Pembelajaran Kimia Berwawasan Lingkungan. *Jurnal Riset Pendidikan Kimia*, 1(1), 13-21.
- Permana, I. 2009. Memahami Kimia 2: SMA/MA Untuk Kelas XI, Semester 1 dan 2. Jakarta: Pusat Perbukuan, Departemen Pendidikan Nasional.
- Purba, E., & Khairunisa, A.C. 2012. Kajian Awal Laju Reaksi Fotosintesis untuk Penyerapan Gas CO₂ Menggunakan Mikroalga *Tetraselmis Chuii*. *Jurnal Rekayasa Proses*, 6(1), 7-13.
- Purba, M. 2006. Kimia untuk SMA Kelas XI Semester 1. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Redhana, I W. 2014. Kimia Hijau dalam Praktikum Kimia Hijau. Seminar Nasional FMIPA Undiksha IV, 143-151.
- Redhana, I W., Suardana, I N., Selamat, I N., & Merta, L. M. 2020. Pengaruh Praktikum Kimia Hijau Pada Sikap Siswa Terhadap Kimia. *EDUSAINS*, 12(02), 156-165.
- Rifqa, M. 2022. Pengembangan Buku Petunjuk Praktikum Kimia Hijau Skala Mikro/Semimikro Kelas X SMA. Skripsi. Singaraja: Universitas Pendidikan Ganesha.
- Setiyana. 2020. Modul Pembelajaran SMA Kimia Kelas XI. Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, Direktorat Jenderal Pendidikan Menengah, Direktorat PSMA.
- Suwardi., Soebiyanto., & Widiasih, TH. E. 2009. Panduan Pembelajaran Kimia: Untuk SMA & MA Kelas XI.

LAJU REAKSI_SMA KELAS XI

Jakarta: Pusat Perbukuan, Departemen Pendidikan Nasional.

Utami, B., Nugroho CS, A., Mahardiani, L., Yamtinah, S., & Mulyani, B. 2009. Kimia 2: Untuk SMA/MA Kelas XI, Program Ilmu Alam. Jakarta: Pusat Perbukuan, Departemen Pendidikan Nasional.

Wahyuningsih, A. S., & Rohmah, J. 2017. Pengembangan Modul Praktikum Kimia Dasar Berbasis Green Chemistry Untuk Mahasiswa Calon Guru IPA. *Jurnal Pena Sains*, 4(1), 43-51.

Wardencki, W., Curylo, J., & Namiesnik, J. 2004. Green Chemistry Current and Future Issues. *Polish Journal of Environmental Studies*, 14(4), 389-395.

Wirasti, H. 2021. E-Modul Laju Reaksi Kelas XI Semester Gasal.

Wright, S. W. 2002. Tick Tock, A Vitamin C Clock. *Journal of Chemical Education*, 79(1), 40A-40B.

Bahan Ajar Laju Reaksi Bermuatan Kimia Hijau

- **Materi tentang laju reaksi dibahas sesuai dengan KI, KD, dan Indikator.**
- **Pengantar yang menarik di awal bab yang memancing rasa ingin tahu siswa.**
- **Info kimia berisi informasi terkait materi yang berhubungan.**
- **Terdapat informasi deskripsi, bahaya, dan pencegahan bahan kimia.**

Indah Lumban Gaol