

Lampiran 01a

SILABUS

Mata Pelajaran: Kimia

Sekolah:

Satuan Pendidikan: SMA / MA

Kelas: XI (Sebelas)

Alokasi waktu: 4 jam pelajaran/minggu

Kompetensi Inti:

- **KI-1 dan KI-2: Menghayati dan mengamalkan** ajaran agama yang dianutnya. **Menghayati dan mengamalkan** perilaku jujur, disiplin, santun, peduli (gotong royong, kerjasama, toleran, damai), bertanggung jawab, responsif, dan pro-aktif dalam berinteraksi secara efektif sesuai dengan perkembangan anak di lingkungan, keluarga, sekolah, masyarakat dan lingkungan alam sekitar, bangsa, negara, kawasan regional, dan kawasan internasional”.
- **KI 3:** Memahami, menerapkan, dan menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, prosedural, dan metakognitif berdasarkan rasa ingin tahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dengan wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian, serta menerapkan pengetahuan prosedural pada bidang kajian yang spesifik sesuai dengan bakat dan minatnya untuk memecahkan masalah
- **KI4:** Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, bertindak secara efektif dan kreatif, serta mampu menggunakan metode sesuai kaidah keilmuan

Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Kegiatan Pembelajaran	Indikator	Penilaian	Alokasi waktu	Buku Sumber
3.1 Menganalisis struktur dan sifat senyawa hidrokarbon berdasarkan kekhasan atom karbon dan golongan senyawanya	Senyawa Hidrokarbon <ul style="list-style-type: none"> • Kekhasan atom karbon. • Atom C primer, sekunder, tertier, dan kuarterner. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mengamati senyawa hidrokarbon dalam kehidupan sehari-hari, misalnya plastik, lilin, dan tabung gas yang berisi elpiji serta nyala api pada kompor gas. • Menyimak penjelasan kekhasan atom karbon yang menyebabkan banyaknya senyawa karbon. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mengidentifikasi senyawa hidrokarbon dalam kehidupan sehari-hari, misalnya plastik, lilin, dan tabung gas yang berisi elpiji serta nyala api pada kompor gas. 2. Memahami kekhasan atom karbon yang menyebabkan banyaknya senyawa karbon. 3. Menganalisis jenis atom C berdasarkan jumlah atom C yang 	<u>Jenis tagihan</u> - Tugas individu - kuis - ulangan <u>Bentuk instrumen</u>	10 jp	<u>Sumber</u> - buku kimia - internet <u>Bahan</u> - lembar kerja - LCD

Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Kegiatan Pembelajaran	Indikator	Penilaian	Alokasi Waktu	Buku Sumber
	<ul style="list-style-type: none"> Struktur dan tata nama alkana, alkana dan alkuna Sifat-sifat fisik alkana, alkana dan alkuna Isomer Reaksi senyawa hidrokarbon 	<ul style="list-style-type: none"> Membahas jenis atom C berdasarkan jumlah atom C yang terikat pada rantai atom karbon (atom C primer, sekunder, tersier, dan kuarterner) dengan menggunakan molimod, bahan alam, atau perangkat lunak kimia (ChemSketch, Chemdraw, atau lainnya). Membahas rumus umum alkana, alkana dan alkuna berdasarkan analisis rumus struktur dan rumus molekul. Menghubungkan rumus struktur dan rumus molekul dengan rumus umum senyawa hidrokarbon Membahas rumus umum alkana, alkana dan alkuna sesuai dengan aturan IUPAC Menentukan isomer senyawa hidrokarbon Memprediksi jenis isomer (isomer rangka, posisi, fungsi, geometri) dari senyawa hidrokarbon. Menganalisis keteraturan sifat fisik (titik didih dan titik leleh) senyawa alkana, alkana dan alkuna 	<p>terikat pada rantai atom karbon (atom C primer, sekunder, tersier, dan kuarterner) dengan menggunakan molimod, bahan alam, atau perangkat lunak kimia (ChemSketch, Chemdraw, atau lainnya).</p> <p>4. Memahami rumus umum alkana, alkana dan alkuna berdasarkan analisis rumus struktur dan rumus molekul.</p> <p>5. Menghubungkan rumus struktur dan rumus molekul dengan rumus umum senyawa hidrokarbon</p> <p>6. Memahami cara memberi nama senyawa alkana, alkana dan alkuna sesuai dengan aturan IUPAC</p> <p>7. Menentukan isomer senyawa hidrokarbon</p> <p>8. Memprediksi jenis isomer (isomer rangka, posisi, fungsi, geometri) dari senyawa hidrokarbon.</p> <p>9. Menganalisis keteraturan sifat fisik (titik didih dan titik leleh) senyawa alkana, alkana dan alkuna</p>	<p>- tes tertulis</p>		<p>- komputer</p>

Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Kegiatan Pembelajaran	Indikator	Penilaian	Alokasi waktu	Buku Sumber
4.1 Membuat model visual berbagai struktur molekul hidrokarbon yang memiliki rumus molekul yang sama		<ul style="list-style-type: none"> Menentukan isomer senyawa hidrokarbon Memprediksi jenis isomer (isomer rangka, posisi, fungsi, geometri) dari senyawa hidrokarbon. Membedakan jenis reaksi alkana, alkena dan alkuna. 	<p>10. Membedakan jenis reaksi alkana, alkena dan alkuna.</p> <ul style="list-style-type: none"> Membuat model visual berbagai struktur molekul hidrokarbon yang memiliki rumus molekul yang sama 			
		4.2 Menyajikan karya tentang proses pembentukan dan	<p>Minyak bumi</p> <ul style="list-style-type: none"> Fraksiminyak bumi Mutu bensin Dampak pembakaran bahan bakar dan cara megatasinya Senyawahidrokarbon dalam kehidupan sehari-hari. 	<ul style="list-style-type: none"> Mengamatijenisbahanbakarminyak (BBM) yang dijual di SPBU Membahas proses pembentukan minyak bumi dan cara mengeksplorasinya Membahas proses penyulingan minyak bumi secara distilasi bertingkat Menganalisis proses penyulingan bertingkat untuk menghasilkan minyak bumi menjadi fraksi-fraksinya. Membahas pembakaran hidrokarbon yang sempurna dan tidak sempurna serta dampaknya 	<p>Jenis tagihan</p> <ul style="list-style-type: none"> - tugas individu - kuis - ulangan <p>Bentuk instrumen</p> <ul style="list-style-type: none"> - tes tertulis 	6 jp	Sumber - buku kimia - internet Bahan - lembar kerja - LCD - komputer

Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Kegiatan Pembelajaran	Indikator	Penilaian	Alokasi waktu	Buku Sumber
<p>teknik pemisahan fraksi- fraksi minyak bumi beserta kegunaannya</p> <p>3.3 Mengidentifikasi reaksi pembakaran hidrokarbon yang sempurna dan tidak sempurna serta sifat zat hasil pembakaran (CO_2, CO, partikulat karbon)</p>		<p>terhadap lingkungan, kesehatan dan upaya untuk mengatasinya.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Membandingkan kualitas bensin berdasarkan bilangan oktannya (Premium, Pertamax, dan sebagainya). • Membahas penggunaan bahan bakar alternatif selain minyak bumi dan gas alam. • Menganalisis bahan bakar alternatif selain minyak bumi dan gas alam. • Menyimpulkan dampak pembakaran hidrokarbon terhadap lingkungan dan kesehatan serta cara mengatasinya. • Mempresentasikan hasil kerja kelompok tentang minyak bumi , bahan bakar alternatif pengganti minyak bumi dan gas alam serta masalah lingkungan yang disebabkan oleh penggunaan minyak bumi sebagai bahan bakar. 	<p>pemisahan fraksi-fraksi minyak bumi beserta kegunaannya</p> <p>3.3.1 Menganalisis pembakaran hidrokarbon yang sempurna dan tidak sempurna serta dampaknya terhadap lingkungan, kesehatan dan upaya untuk mengatasinya.</p> <p>3.3.2 Membandingkan kualitas bensin berdasarkan bilangan oktannya (Premium, Pertamax, dan sebagainya).</p> <p>3.3.3 Menjelaskan penggunaan bahan bakar alternatif selain minyak bumi dan gas alam.</p> <p>3.3.4 Menganalisis bahan bakar alternatif selain minyak bumi dan gas alam.</p> <p>3.3.5 Menyimpulkan dampak pembakaran hidrokarbon terhadap lingkungan dan kesehatan serta cara mengatasinya.</p>			
<p>4.3 Menyusun gagasan cara mengatasi</p>			<ul style="list-style-type: none"> • Menyusun gagasan cara mengatasi dampak pembakaran senyawa 			

Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Kegiatan Pembelajaran	Indikator	Penilaian	Alokasi waktu	Buku Sumber
dampak pembakaran senyawa karbon terhadap lingkungan dan kesehatan			karbon terhadap lingkungan dan kesehatan Mempresentasikan hasil kerja kelompok tentang bahan bakar alternatif pengganti minyak bumi dan gas alam serta masalah lingkungan yang disebabkan oleh penggunaan minyak bumi sebagai bahan bakar.			
3.4 Menjelaskan konsep perubahan entalpi reaksi pada tekanan tetap dalam persamaan termokimia	Termokimia • Energi dan kalor • Kalorimetri dan perubahan entalpi reaksi • Persamaan termokimia • Perubahan entalpi standar (ΔH°) untuk berbagai reaksi • Energi ikatan rata-rata	<ul style="list-style-type: none"> • Mengamati demonstrasi reaksi yang membutuhkan kalor dan reaksi yang melepaskan kalor, misalnya reaksi logam Mg dengan larutan HCl dan pelarutan NH_4Cl dalam air. • Menyimak penjelasan pengertian energi, kalor, sistem, dan lingkungan. • Menyimak penjelasan tentang perubahan entalpi, macam-macam perubahan entalpi standar, dan persamaan termokimia. 	3.4.1 Mengidentifikasi reaksi yang membutuhkan kalor dan reaksi yang melepaskan kalor, misalnya reaksi logam Mg dengan larutan HCl dan pelarutan NH_4Cl dalam air. 3.4.2 Memahami penjelasan pengertian energi, kalor, sistem, dan lingkungan. 3.4.3 Memahami penjelasan tentang perubahan entalpi, macam-macam perubahan entalpi standar, dan persamaan termokimia.	Jenis tagihan - tugas individu - kuis - ulangan Bentuk instrumen - tes tertulis	14 jp	Sumber - buku kimia - internet Bahan - lembar kerja - LCD - komputer
4.4 Menyimpulkan hasil analisis data percobaan termokimia pada	<ul style="list-style-type: none"> • Melakukan percobaan penentuan perubahan entalpi 	<ul style="list-style-type: none"> • Melakukan percobaan penentuan perubahan entalpi 	4.4.1 Melakukan percobaan penentuan perubahan entalpi dengan Kalorimeter dan			

Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Kegiatan Pembelajaran	Indikator	Penilaian	Alokasi waktu	Buku Sumber
tekanan tetap	<ul style="list-style-type: none"> • Penentuan perubahan entalpi reaksi 	<p>dengan Kalorimeter dan melaporkan hasilnya.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Membahas cara menentukan perubahan entalpi reaksi berdasarkan entalpi pembentukan standar, atau energi ikatan berdasarkan hukum Hess. • Menentukan perubahan entalpi reaksi berdasarkan entalpi pembentukan standar, atau energi ikatan berdasarkan hukum Hess. • Menganalisis data untuk membuat diagram tingkat energi suatu reaksi • Membandingkan entalpi pembakaran (ΔH_c) beberapa bahan bakar. 	<p>melaporkan hasilnya.</p> <p>4.4.2 Menyimpulkan hasil analisis data percobaan termokimia pada tekanan tetap</p> <p>3.5.1 Menjelaskan cara menentukan perubahan entalpi reaksi berdasarkan pembentukan standar, atau energi ikatan berdasarkan hukum Hess.</p> <p>3.5.2 Menentukan perubahan entalpi reaksi berdasarkan entalpi pembentukan standar, atau energi ikatan berdasarkan hukum Hess.</p> <p>3.5.3 Menganalisis data untuk membuat diagram tingkat energi suatu reaksi</p>			
3.5 Menjelaskan jenis entalpi reaksi, hukum Hess dan konsep energi ikatan						
4.5 Membandingkan perubahan entalpi beberapa reaksi berdasarkan data hasil percobaan						

Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Kegiatan Pembelajaran	Indikator	Penilaian	Alokasi waktu	Buku Sumber
3.6 Menjelaskan faktor-faktor yang memengaruhi laju reaksi menggunakan teori tumbukan	Laju Reaksi dan Faktor-Faktor yang memengaruhi laju reaksi Mempengaruhi laju reaksi • Pengertian dan pengukuran laju reaksi • Teori tumbukan • Faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi	<ul style="list-style-type: none"> Mengamati beberapa reaksi yang terjadi disekitar kita, misalnya kertas dibakar, pita magnesium dibakar, kembang api, perubahan warna pada potongan buah apel dan kentang, pembuatan tape, dan besi berkarat. Menyimak penjelasan tentang pengertian laju reaksi dan faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi. Menyimak penjelasan tentang teori tumbukan pada reaksi kimia. Merancang dan melakukan percobaan tentang faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi (ukuran, konsentrasi, suhu dan katalis) dan melaporkan hasilnya. Membahas cara menentukan orde reaksi dan persamaan laju reaksi. 	<ol style="list-style-type: none"> Mengidentifikasi beberapa reaksi yang terjadi disekitar kita, misalnya kertas dibakar, pita magnesium dibakar, kembang api, perubahan warna pada potongan buah apel dan kentang, pembuatan tape, dan besi berkarat. Menjelaskan pengertian laju reaksi dan faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi. Menjelaskan teori tumbukan pada reaksi kimia 	<p><u>Jenis tagihan</u></p> <ul style="list-style-type: none"> tugas individu kuis ulangan <p><u>Bentuk instrumen</u></p> <ul style="list-style-type: none"> tes tertulis 	12 jp	<p><u>Sumber</u></p> <ul style="list-style-type: none"> buku kimia internet <p><u>Bahan</u></p> <ul style="list-style-type: none"> lembar kerja LCD komputer
4.6 Menyajikan hasil penelusuran informasi cara-cara pengaturan dan penyimpanan bahan untuk mencegah perubahan fisika dan kimia yang tak terkendali	Hukum laju reaksi dan penentuan laju reaksi	<ul style="list-style-type: none"> Merancang dan melakukan percobaan tentang faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi (ukuran, konsentrasi, suhu dan katalis) dan melaporkan hasilnya. Membahas cara menentukan orde reaksi dan persamaan laju reaksi. 	<ul style="list-style-type: none"> Menelusuri informasi cara-cara pengaturan dan penyimpanan bahan untuk mencegah perubahan fisika dan kimia yang tak terkendali Menyajikan hasil penelusuran informasi cara-cara pengaturan dan penyimpanan bahan untuk mencegah perubahan fisika dan kimia yang tak terkendali 			
3.7 Menentukan orde reaksi dan tetapan laju reaksi berdasarkan			<ol style="list-style-type: none"> Menjelaskan cara menentukan orde reaksi dan persamaan laju reaksi. 			

Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Kegiatan Pembelajaran	Indikator	Penilaian	Alokasi waktu	Buku Sumber
data hasil percobaan		<ul style="list-style-type: none"> Mengolah dan menganalisis data untuk menentukan orde reaksi dan persamaan laju reaksi. Membahas peran katalis dalam reaksi kimia di laboratorium dan industri. Mempresentasikan cara-cara penyimpanan zat kimia reaktif (misalnya cara menyimpan logam natrium). 	<ol style="list-style-type: none"> Mengolah dan menganalisis data untuk menentukan orde reaksi dan persamaan laju reaksi. Menjelaskan peran katalis dalam reaksi kimia di laboratorium dan industri. <ul style="list-style-type: none"> Merancang percobaan faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi dan orde reaksi Melakukan percobaan faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi dan orde reaksi Menyimpulkan serta menyajikan hasil percobaan faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi dan orde reaksi 			
4.7 Merancang, melakukan, dan menyimpulkan serta menyajikan hasil percobaan faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi dan orde reaksi						
3.8 Menjelaskan reaksi kesetimbangan di dalam hubungan antara pereaksi dan hasil reaksi	Kesetimbangan Kimia dan Pergeseran Kesetimbangan <ul style="list-style-type: none"> Kesetimbangan dinamis Tetapan kesetimbangan 	<ul style="list-style-type: none"> Mengamati demonstrasi analogi kesetimbangan dinamis (model Heber) Mengamati demonstrasi reaksi kesetimbangan timbal sulfat dengan kalium iodida Membahas reaksi kesetimbangan dinamis yang terjadi berdasarkan hasil pengamatan. 	<ol style="list-style-type: none"> Menganalisis analogi kesetimbangan dinamis (model Heber) Menganalisis reaksi kesetimbangan timbal sulfat dengan kalium iodida Menjelaskan reaksi kesetimbangan dinamis yang terjadi berdasarkan hasil pengamatan. 	<u>Jenis tagihan</u> <ul style="list-style-type: none"> tugas individu kuis ulangan <u>Bentuk</u>	14 jp	<u>Sumber</u> <ul style="list-style-type: none"> buku kimia internet <u>Bahan</u> <ul style="list-style-type: none"> lembar kerja

Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Kegiatan Pembelajaran	Indikator	Penilaian	Alokasi waktu	Buku Sumber
4.8 Menyajikan hasil pengolahan data untuk menentukan nilai tetapan kesetimbangan suatu reaksi	<ul style="list-style-type: none"> • Pergeseran kesetimbangan dan faktor-faktor yang mempengaruhinya • Perhitungan dan penerapan kesetimbangan kimia 	<ul style="list-style-type: none"> • Menentukan harga tetapan kesetimbangan berdasarkan data hasil percobaan. • Merancang dan melakukan percobaan tentang faktor-faktor yang mempengaruhi arah pergeseran kesetimbangan (konsentrasi, volume, tekanan, dan suhu) dan melaporkannya. • Melakukan perhitungan kuantitatif yang berkaitan dengan kesetimbangan kimia 	<p>4. Menentukan harga tetapan kesetimbangan berdasarkan data hasil percobaan.</p> <p>5. Melakukan perhitungan kuantitatif yang berkaitan dengan kesetimbangan kimia</p> <p>6. Menentukan komposisi zat dalam keadaan setimbang, derajat disosiasi (α), tetapan kesetimbangan (K_c dan K_p) dan hubungan K_c dengan K_p</p>	<p><u>instrumen</u></p> <p>- tes tertulis</p>	<ul style="list-style-type: none"> - LCD - komputer 	
3.9 Menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi pergeseran arah kesetimbangan dan penerapannya dalam industri	<ul style="list-style-type: none"> • Menentukan kesetimbangan kimia dalam keadaan setimbang, derajat disosiasi (α), tetapan kesetimbangan (K_c dan K_p) dan hubungan K_c dengan K_p • Menerapkan faktor-faktor yang menggeser arah kesetimbangan untuk mendapatkan hasil optimal dalam industri (proses pembuatan amonia dan asam sulfat) 	<ul style="list-style-type: none"> • Mengolah data untuk menentukan nilai tetapan kesetimbangan suatu reaksi • Menyajikan hasil pengolahan data untuk menentukan nilai tetapan kesetimbangan suatu reaksi 	<p>1. Menerapkan faktor-faktor yang menggeser arah kesetimbangan untuk mendapatkan hasil optimal dalam industri (proses pembuatan amonia dan asam sulfat)</p>			

Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Kegiatan Pembelajaran	Indikator	Penilaian	Alokasi waktu	Buku Sumber
4.9 Merancang, melakukan, dan menyimpulkan serta menyajikan hasil percobaan faktor-faktor yang mempengaruhi pergeseran arah kesetimbangan			<ul style="list-style-type: none"> Merancang percobaan faktor-faktor yang mempengaruhi pergeseran arah kesetimbangan Melakukan percobaan faktor-faktor yang mempengaruhi pergeseran arah kesetimbangan <p>Menyimpulkan serta menyajikan hasil percobaan faktor-faktor yang mempengaruhi pergeseran arah kesetimbangan</p>			
3.10 Menjelaskan konsep asam dan basa serta kekuatannya dan kesetimbangan pengionannya dalam larutan	Asam dan Basa <ul style="list-style-type: none"> Perkembangan konsep asam dan basa Indikator asam-basa pH asam kuat, basa kuat, asam lemah, dan basa lemah 	<ul style="list-style-type: none"> Mengamati zat-zat yang bersifat asam atau basa dalam kehidupan sehari-hari. Menyimak penjelasan tentang berbagai konsep asam basa Membandingkan konsep asam basa menurut Arrhenius, Brønsted-Lowry dan Lewis serta menyimpulkannya. Mengamati perubahan warna indikator dalam berbagai larutan. Membahas bahan alam yang dapat digunakan sebagai indikator. Merancang dan melakukan percobaan membuat indikator 	<ul style="list-style-type: none"> Mengidentifikasi zat-zat yang bersifat asam atau basa dalam kehidupan sehari-hari. Memahami penjelasan tentang berbagai konsep asam basa Membandingkan konsep asam basa menurut Arrhenius, Brønsted-Lowry dan Lewis serta menyimpulkannya. Mengidentifikasi perubahan warna indikator dalam berbagai larutan. Menjelaskan bahan alam yang dapat digunakan sebagai indikator. Merancang percobaan membuat indikator asam basa dari bahan alam dan melaporkannya. 	<p><u>Jenis tagihan</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - tugas individu - kuis - ulangan <p><u>Bentuk instrumen</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - tes tertulis 	12 jp	<p><u>Sumber</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - buku kimia - internet <p><u>Bahan</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - lembar kerja - LCD - komputer

Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Kegiatan Pembelajaran	Indikator	Penilaian	Alokasi Waktu	Buku Sumber
		<p>asam basa dari bahan alam dan melaporkannya.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mengidentifikasi beberapa larutan asam basa dengan beberapa indikator • Memprediksi pH larutan dengan menggunakan beberapa indikator. • Menghitung pH larutan asam kuat dan larutan basa kuat • Menghitung nilai K_a larutan asam lemah atau K_b larutan basa lemah yang diketahui konsentrasi dan pH-nya. • Mengukur pH berbagai larutan asam lemah, asam kuat, basa lemah, dan basa kuat yang konsentrasinya sama dengan menggunakan indikator universal atau pH meter 	<ul style="list-style-type: none"> • Mengidentifikasi beberapa larutan asam basa dengan beberapa indikator • Memprediksi pH larutan dengan menggunakan beberapa indikator. • Menghitung pH larutan asam kuat dan larutan basa kuat • Menghitung nilai K_a larutan asam lemah atau K_b larutan basa lemah yang diketahui konsentrasi dan pH-nya. • Mengukur pH berbagai larutan asam lemah, asam kuat, basa lemah, dan basa kuat yang konsentrasinya sama dengan menggunakan indikator universal atau pH meter 			
4.10 Menganalisis trayek perubahan pH beberapa indikator yang diekstrak dari bahan alam melalui percobaan		<ul style="list-style-type: none"> • Menyimpulkan perbedaan asam kuat dengan asam lemah serta basa kuat dengan basa lemah. 	<ul style="list-style-type: none"> • Melakukan percobaan membuat indikator asam basa dari bahan alam dan melaporkannya. • Menganalisis trayek perubahan pH beberapa indikator yang diekstrak dari bahan alam melalui percobaan <p>Menyimpulkan perbedaan asam kuat dengan asam lemah serta basa kuat dengan basa lemah.</p>			

Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Kegiatan Pembelajaran	Indikator	Penilaian	Alokasi waktu	Buku Sumber
3.11 Menganalisis kesetimbangan ion dalam larutan garam dan menghubungkan pH-nya	<p>Kesetimbangan Ion dan pH Larutan Garam</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reaksi pelarutan garam • Garam yang bersifat netral • Garam yang bersifat asam • Garam yang bersifat basa 	<ul style="list-style-type: none"> • Mengamati perubahan warna indikator lakmus merah dan lakmus biru dalam beberapa larutan garam • Menyimak penjelasan tentang kesetimbangan ion dalam larutan garam • Merancang dan melakukan percobaan untuk memprediksi pH larutan garam dengan menggunakan kertas lakmus/indikator universal/pH meter dan melaporkan hasilnya. • Menuliskan reaksi kesetimbangan ion dalam larutan garam 	<ul style="list-style-type: none"> • Mengidentifikasi perubahan warna indikator lakmus merah dan lakmus biru dalam beberapa larutan garam • Memahami penjelasan tentang kesetimbangan ion dalam larutan garam • Merancang percobaan untuk memprediksi pH larutan garam dengan menggunakan kertas lakmus/indikator universal/pH meter dan melaporkan hasilnya. • Menyimpulkan sifat asam-basa dari suatu larutan garam • Menentukan pH larutan garam 	<p>Jenis tagihan</p> <ul style="list-style-type: none"> - tugas individu - kuis - ulangan <p>Bentuk instrumen</p> <ul style="list-style-type: none"> - tes tertulis 	10 jp	<p>Sumber</p> <ul style="list-style-type: none"> - buku kimia - internet <p>Bahan</p> <ul style="list-style-type: none"> - lembar kerja - LCD - komputer
4.11 Melaporkan percobaan tentang sifat asam basa berbagai larutan garam	<ul style="list-style-type: none"> • pH larutan garam 	<ul style="list-style-type: none"> • Menyimpulkan sifat asam-basa dari suatu larutan garam • Menentukan pH larutan garam 	<ul style="list-style-type: none"> • Melakukan percobaan untuk memprediksi pH larutan garam dengan menggunakan kertas lakmus/indikator universal/pH meter dan melaporkan hasilnya. • Menuliskan reaksi kesetimbangan ion dalam larutan garam • Melaporkan percobaan tentang sifat asam basa berbagai larutan garam 	<p>Jenis tagihan</p>	10 jp	<p>Sumber</p>
3.12 Menjelaskan prinsip kerja, perhitungan pH ,	<p>Larutan Penyangga</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Mengamati pH larutan penyangga ketika diencerkan, 	<ul style="list-style-type: none"> • Mengidentifikasi pH larutan penyangga ketika diencerkan, 	<p>Jenis tagihan</p>	10 jp	<p>Sumber</p>

Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Kegiatan Pembelajaran	Indikator	Penilaian	Alokasi waktu	Buku Sumber
dan peran larutan penyangga dalam tubuh makhluk hidup	<ul style="list-style-type: none"> Sifat larutan penyangga pH larutan penyangga Peranan larutan penyangga dalam tubuh makhluk hidup dan industri (farmasi, kosmetika) 	<p>ditambah sedikit asam atau ditambah sedikit basa</p> <ul style="list-style-type: none"> Menyimak penjelasan tentang cara membuat larutan penyangga dengan pH tertentu Menyimak penjelasan bahwa pH larutan penyangga tetap ketika diencerkan, ditambah sedikit asam atau ditambah sedikit basa Membandingkan pH larutan penyangga dan larutan bukan penyangga dengan menambah sedikit asam atau basa atau diencerkan. Menganalisis mekanisme larutan penyangga dalam mempertahankan pHnya terhadap penambahan sedikit asam atau pengenceran. Merancang dan melakukan percobaan untuk membuat larutan penyangga dengan pH tertentu dan melaporkannya. 	<p>ditambah sedikit asam atau ditambah sedikit basa</p> <ul style="list-style-type: none"> Memahami penjelasan tentang cara membuat larutan penyangga dengan pH tertentu Memahami penjelasan bahwa pH larutan penyangga tetap ketika diencerkan, ditambah sedikit asam atau ditambah sedikit basa Membandingkan pH larutan penyangga dan larutan bukan penyangga dengan menambah sedikit asam atau basa atau diencerkan. Menganalisis mekanisme larutan penyangga dalam mempertahankan pHnya terhadap penambahan sedikit asam atau pengenceran. Merancang percobaan untuk membuat larutan penyangga dengan pH tertentu dan melaporkannya. Menentukan pH larutan penyangga 	<ul style="list-style-type: none"> tugas individu kuis ulangan <p><u>Bentuk instrumen</u></p> <ul style="list-style-type: none"> tes tertulis 		<ul style="list-style-type: none"> buku kimia internet <p><u>Bahan</u></p> <ul style="list-style-type: none"> lembar kerja LCD komputer

Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Kegiatan Pembelajaran	Indikator	Penilaian	Alokasi waktu	Buku Sumber
4.12 Membuat larutan penyangga dengan pH tertentu		<ul style="list-style-type: none"> Menentukan pH larutan penyangga Membahas peranan larutan penyangga dalam tubuh makhluk hidup dan industri. 	<ul style="list-style-type: none"> Membahas peranan larutan penyangga dalam tubuh makhluk hidup dan industri. 			
			<ul style="list-style-type: none"> Melakukan percobaan untuk membuat larutan penyangga dengan pH tertentu dan melaporkannya. Membuat larutan penyangga dengan pH tertentu 			
3.13 Menganalisis data hasil uji berbagai jenis titrasi asam-basa	Titrasi <ul style="list-style-type: none"> Titrasi asam basa Kurva titrasi 	<ul style="list-style-type: none"> Menganalisis cara melakukan titrasi asam-basa, dapat melalui media (video) Menyimak penjelasan titik akhir dan titik ekuivalen titrasi asam-basa. Merancang dan melakukan percobaan titrasi asam-basa dan melaporkan hasil percobaan. Menghitung dan menentukan titik ekuivalen titrasi, membuat kurva titrasi serta memilih indikator yang tepat. Menentukan konsentrasi penititer atau zat yang dititrasi. 	<ul style="list-style-type: none"> Menganalisis cara melakukan titrasi asam-basa, dapat melalui media (video) Memahami penjelasan titik akhir dan titik ekuivalen titrasi asam-basa. Merancang percobaan titrasi asam-basa dan melaporkan hasil percobaan. Menghitung dan menentukan titik ekuivalen titrasi, membuat kurva titrasi serta memilih indikator yang tepat. Menentukan konsentrasi penititer atau zat yang dititrasi 	<u>Jenis tagihan</u> <ul style="list-style-type: none"> - tugas individu - kuis - ulangan <u>Bentuk instrumen</u> <ul style="list-style-type: none"> - tes tertulis 	10 jp	<u>Sumber</u> <ul style="list-style-type: none"> - buku kimia - internet <u>Bahan</u> <ul style="list-style-type: none"> - lembar kerja - LCD - komputer

Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Kegiatan Pembelajaran	Indikator	Penilaian	Alokasi waktu	Buku Sumber
4.13 Menyimpulkan hasil analisis data percobaan titrasi asam-basa			<ul style="list-style-type: none"> Melakukan percobaan titrasi asam-basa dan melaporkan hasil percobaan. Menyimpulkan hasil analisis data percobaan titrasi asam-basa 			
3.14 Mengelompokkan berbagai tipe sistem koloid, dan menjelaskan kegunaan koloid dalam kehidupan berdasarkan sifat-sifatnya	<p>Sistem Koloid</p> <ul style="list-style-type: none"> Jenis koloid Sifat koloid Pembuatan koloid Peranan koloid dalam kehidupan sehari-hari dan industry 	<ul style="list-style-type: none"> Mengamati berbagai jenis produk yang berupa koloid Membahas jenis koloid dan sifat-sifat koloid. Menghubungkan sistem koloid dengan sifat-sifatnya Melakukan percobaan efek Tyndall Membedakan koloid liofob dan koloid hidrofob. Membahas pemurnian koloid, pembuatan koloid, dan peranannya dalam kehidupan sehari-hari Membahas bahan/zat yang berupa koloid dalam industri farmasi, kosmetik, bahan makanan, dan lain-lain. 	<ul style="list-style-type: none"> Mengidentifikasi berbagai jenis produk yang berupa koloid Menjelaskan jenis koloid dan sifat-sifat koloid. Menghubungkan sistem koloid dengan sifat-sifatnya Melakukan percobaan efek Tyndall Membedakan koloid liofob dan koloid hidrofob. Menjelaskan pemurnian koloid, pembuatan koloid, dan peranannya dalam kehidupan sehari-hari Menjelaskan bahan/zat yang berupa koloid dalam industri farmasi, kosmetik, bahan makanan, dan lain-lain. 	<p><u>Jenis tagihan</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - tugas individu - kuis - ulangan <p><u>Bentuk instrumen</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - tes tertulis 	8 jp	<p><u>Sumber</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - buku kimia - internet <p><u>Bahan</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - lembar kerja - LCD - komputer
4.14 Membuat makanan atau produk lain yang berupa koloid atau melibatkan prinsip koloid		<ul style="list-style-type: none"> Melakukan percobaan pembuatan makanan atau produk lain berupa koloid atau yang melibatkan prinsip koloid dan melaporkan hasil percobaan. 	<ul style="list-style-type: none"> Melakukan percobaan pembuatan makanan atau produk lain berupa koloid atau yang melibatkan prinsip koloid dan melaporkan hasil percobaan. 			

Lampiran 01b

Analisis Indikator Topik Laju Reaksi

Kompetensi Dasar	Indikator
1.1 Menyadari laju reaksi sebagai wujud dari kebesaran Tuhan YME dan pengetahuan tentang adanya keteraturan tersebut sebagai hasil pemikiran kreatif manusia yang kebenarannya bersifat tentatif.	1.1.1 Menyadari laju reaksi sebagai wujud kebesaran Tuhan
2.1 Menunjukkan perilaku ilmiah (memiliki rasa ingin tahu, disiplin, jujur, objektif, terbuka, mampu membedakan fakta dan opini, ulet, teliti, bertanggung jawab, kritis, kreatif, inovatif, demokratis, komunikatif) dalam merancang dan melakukan percobaan serta berdiskusi yang diwujudkan dalam sikap sehari-hari.	2.1.1 Menunjukkan sikap rasa ingin tahu dan disiplin. 2.1.2 Menunjukkan perilaku objektif (jujur dan terbuka). 2.1.3 Menunjukkan sikap ulet dan teliti. 2.1.4 Menunjukkan sikap kritis. 2.1.5 Menunjukkan sikap kreatif dan inovatif. 2.1.6 Menunjukkan sikap komunikatif dan demokratis. 2.1.7 Menunjukkan sikap tanggung jawab
2.2 Menunjukkan perilaku kerjasama, santun, toleran, cinta damai dan peduli lingkungan serta hemat dalam memanfaatkan sumber daya alam	2.1.1 Bekerja sama dan toleran 2.1.2 Menunjukkan perilaku santun dan cinta damai.
2.3 Menunjukkan perilaku responsif dan pro-aktifserta bijaksana sebagai wujud kemampuan memecahkan masalah dan membuat keputusan.	2.3.1 Menunjukkan perilaku responsif dan proaktif dalam membuat keputusan. 2.3.2 Menunjukkan sikap bijaksana dalam membuat keputusan
3.6 Menjelaskan faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi menggunakan teori tumbukan	3.6.1 Merumuskan Pengertian laju reaksi 3.6.2 Membuat grafik hubungan konsentrasi produk atau reaktan terhadap waktu dari suatu data hasil percobaan 3.6.3 Menentukan laju reaksi rata-rata dan laju reaksi sesaat dari grafik perubahan konsentrasi terhadap waktu 3.6.4 Menjelaskan karakteristik umum laju reaksi dari grafik konsentrasi terhadap waktu selama reaksi berlangsung 3.6.5 Menjelaskan faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi 3.6.6 Menjelaskan pengaruh konsentrasi, temperatur, dan luas permukaan terhadap laju reaksi berdasarkan teori tumbukan.

	<p>3.6.7 Menjelaskan hubungan laju reaksi dengan tumbukan antar partikel reaktan</p> <p>3.6.8 Menganalisis tumbukan antar partikel reaktan yang menyebabkan reaksi kimia.</p> <p>3.6.9 Menjelaskan teori tumbukan</p>
3.7 Menentukan orde reaksi dan tetapan laju reaksi berdasarkan data hasil percobaan	<p>3.7.1 Menentukan orde reaksi dan tetapan laju reaksi berdasarkan data hasil percobaan</p> <p>3.7.2 Merumuskan hubungan kuantitatif konsentrasi suatu reaktan terhadap laju reaksi dalam bentuk orde reaksi terhadap reaktan</p> <p>3.7.3 Merumuskan hubungan kuantitatif konsentrasi suatu reaktan terhadap laju reaksi dalam bentuk hukum laju reaksi</p> <p>3.7.4 Mampu menentukan orde reaksi suatu reaktan berdasarkan fakta yang terjadi</p>
4.6 Menyajikan hasil penelusuran informasi cara-cara pengaturan dan penyimpanan bahan untuk mencegah perubahan fisika dan kimia yang tidak terkendali.	<p>4.6.1 Menganalisis informasi cara-cara pengaturan dan penyimpanan bahan untuk mencegah perubahan fisika dan kimia yang tak terkendali.</p> <p>4.6.2 Menyajikan hasil penelusuran informasi cara-cara pengaturan dan penyimpanan bahan untuk mencegah perubahan fisika dan kimia yang tak terkendali.</p>
4.7 Merancang, melakukan, dan menyimpulkan serta menyajikan hasil percobaan faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi dan orde reaksi.	<p>4.7.1 Merancang, melakukan dan menyimpulkan serta menyajikan hasil percobaan penentuan (pengertian) laju reaksi</p> <p>4.7.2 Merancang tahapan penentuan laju reaksi rata-rata, menyimpulkan dan menyajikan pengertian laju reaksi rata-rata berdasarkan grafik perubahan konsentrasi terhadap waktu</p> <p>4.7.3 Merancang tahapan laju reaksi sesaat, menyimpulkan dan menyajikan pengertian laju reaksi sesaat berdasarkan grafik perubahan konsentrasi terhadap waktu pada suatu titik waktu dari suatu reaksi.</p> <p>4.7.4 Merumuskan masalah, merancang, melakukan, dan menyimpulkan serta menyajikan percobaan tentang karakteristik umum laju reaksi dari grafik konsentrasi terhadap waktu selama reaksi berlangsung.</p>

RENCANA PELAKSANAAN PEMBELAJARAN (RPP)

UNIT 1

A. Identitas

Satuan Pendidikan: SMA
Mata Pelajaran: Kimia
Kelas/Semester: Xi-MIPA/1
Alokasi Waktu: 2 x 45 Menit
Topik: Laju Reaksi
Sub Topik: Pengertian Laju Reaksi

B. Tujuan Pembelajaran

1. Siswa menyadari dan mengakui keberadaan laju reaksi sebagai wujud kebesaran Tuhan Yang Maha Esa
2. Siswa menunjukkan perilaku objektif (jujur dan terbuka) melalui penyajian data hasil percobaan.
3. Siswa menunjukkan perilaku ulet dan teliti melalui pengolahan dan analisis data.
4. Siswa bersikap kritis melalui ketepatan dalam pemecahan masalah.
5. Siswa mampu bertanggung jawab melalui pelaksanaan kegiatan selama pembelajaran.
6. Siswa mampu merumuskan pengertian laju reaksi melalui fenomena masalah yang ada.
7. Siswa mampu membuat grafik hubungan konsentrasi produk atau reaktan terhadap waktu dari suatu data hasil percobaan.
8. Siswa mampu menentukan laju reaksi rata-rata dan reaksi sesaat dari grafik perubahan konsentrasi terhadap waktu melalui diskusi kelompok kecil.
9. Siswa mampu merancang, melakukan, dan menyimpulkan serta menyajikan hasil percobaan penentuan (pengertian) laju reaksi.
10. Siswa mampu merancang, melakukan, dan menyimpulkan serta menyajikan hasil percobaan penentuan (pengertian) laju reaksi.
11. Siswa mampu merancang tahapan penentuan laju reaksi rata-rata, menyimpulkan dan menyajikan pengertian laju reaksi rata-rata berdasarkan grafik perubahan konsentrasi terhadap waktu
12. Siswa merancang tahapan laju reaksi sesaat, menyimpulkan dan menyajikan pengertian laju reaksi sesaat berdasarkan grafik perubahan konsentrasi terhadap waktu pada suatu titik waktu dari suatu reaksi.
13. Siswa merumuskan masalah, merancang, melakukan, dan menyimpulkan serta menyajikan percobaan tentang karakteristik umum laju reaksi dari grafik konsentrasi terhadap waktu selama reaksi berlangsung.

KD dari KI 1:

1.1 Menyadari adanya keteraturan dari sifat hidrokarbon, termokimia, laju reaksi, kesetimbangan kimia, larutan dan koloid sebagai wujud kebesaran Tuhan YME dan pengetahuan tentang adanya keteraturan tersebut sebagai hasil pemikiran kreatif manusia yang kebenarannya bersifat tentatif.

KD dari KI 2:

2.1 Menunjukkan perilaku ilmiah (memiliki rasa ingin tahu, disiplin, jujur, objektif, terbuka, mampu membedakan fakta dan opini, ulet, teliti, bertanggung jawab, kritis, kreatif, inovatif, demokratis, komunikatif) dalam merancang dan melakukan percobaan serta berdiskusi yang diwujudkan dalam sikap sehari-hari.

Indikator:

- 2.1.1 Menunjukkan rasa ingin tahu/antusiasme dan disiplin.
- 2.1.2 Menunjukkan perilaku objektif (jujur dan terbuka).
- 2.1.3 Menunjukkan perilaku ulet dan teliti.
- 2.1.4 Bersikap kritis.
- 2.1.7 Bertanggung jawab
- 2.2 Menunjukkan perilaku kerjasama, santun, toleran, cinta damai dan peduli lingkungan serta hemat dalam memanfaatkan sumber daya alam.
- 2.3 Menunjukkan perilaku responsif dan pro-aktif serta bijaksana sebagai wujud kemampuan memecahkan masalah dan membuat keputusan.

KD dari KI 3:

3.6 Menjelaskan faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi menggunakan teori tumbukan

Indikator :

- 3.6.1 Merumuskan Pengertian laju reaksi
- 3.6.2 Membuat grafik hubungan konsentrasi produk atau reaktan terhadap waktu dari suatu data hasil percobaan
- 3.6.3 Menentukan laju reaksi rata-rata dan laju reaksi sesaat dari grafik perubahan konsentrasi terhadap waktu
- 3.6.4 Menjelaskan karakteristik umum laju reaksi dari grafik konsentrasi terhadap waktu selama reaksi berlangsung

KD dari KI 4:

4.7 Merancang, melakukan, dan menyimpulkan serta menyajikan hasil percobaan faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi dan orde reaksi

Indikator:

- 4.7.1 merancang, melakukan dan menyimpulkan serta menyajikan hasil percobaan penentuan (pengertian) laju reaksi
- 4.7.2 merancang tahapan penentuan laju reaksi rata-rata, menyimpulkan dan menyajikan pengertian laju reaksi rata-rata berdasarkan grafik perubahan konsentrasi terhadap waktu

- 4.7.3 merancang tahapan laju reaksi sesaat, menyimpulkan dan menyajikan pengertian laju reaksi sesaat berdasarkan grafik perubahan konsentrasi terhadap waktu pada suatu titik waktu dari suatu reaksi.
- 4.7.4 merumuskan masalah, merancang, melakukan, dan menyimpulkan serta menyajikan percobaan tentang karakteristik umum laju reaksi dari grafik konsentrasi terhadap waktu selama reaksi berlangsung

C. Materi Pokok

- a. Konsepsi dan prasyarat
- Zat
 - Reaksi Kimia
 - Reaktan
 - Produk
 - Konsentrasi (dalam molar)
- b. Konsep dan konsepsi yang akan dibangun
- Laju Reaksi
 - Laju Reaksi Rata-rata
 - Laju Reaksi Sesaat

D. Strategi Pembelajaran

- Pendekatan : Saintifik-Induktif Model Pembelajaran
- Metode : Problem based Learning
- Metode : Eksperimen, diskusi, tanya jawab.
- Teknik : Eksperimen-diskusi kelompok kecil-diskusi kelas

E. Media Pembelajaran dan Sumber Belajar

1. Alat/media Pembelajaran
Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD)
Tek Materi Ajar
2. Sumber Pembelajaran
Chang, R. (2010). *Chemistry tenth edition*. United State: Mc Graw Hill Higher Education. Buku-buku materi pelajaran kimia sesuai K-13

Langkah pembelajaran

Indikator	Deskripsi Pembelajaran			Asesmen	
	Kegiatan Guru	Kegiatan Siswa	Target	Bentuk & Instrumen	Prosedur
<p>Fase dalam Model</p> <p>Fasa 1. Orientasi Siswa Terhadap Masalah</p>	<p>Kegiatan Awal (10 Menit)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mengecek kehadiran siswa (presensi) • Mengajak siswa untuk berdoa sebelum belajar • Apersepsi: <ul style="list-style-type: none"> ❖ Guru mengarahkan pikiran siswa untuk mengingat kembali fenomena kehidupan sehari-hari misalnya pembakaran sampah, pembusukan makanan, dll. pada materi yang telah dipelajari mengenai pengertian reaksi kimia dan ciri-cirinya. Apakah peristiwa tersebut melibatkan reaksi kimia ? ❖ Mengantarkan siswa untuk mengingat pengertian reaksi kimia dan ciri-ciri reaksi. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mengkonfirmasi kehadiran • Mengajak siswa untuk berdoa sebelum belajar • Siswa fokus mendengarkan apersepsi yang disampaikan oleh guru dan diharapkan menjawab pertanyaan yang diajukan guru • Siswa menyebutkan pengertian reaksi kimia dan ciri-cirinya 	<p>Kognitif (C2, C3, C4, & C5) :</p> <p>Materi : Perumusan laju reaksi (pengertian dan hubungan laju reaksi dengan koefisien reaksi) laju reaksi rata-rata, dan laju reaksi sesaat.</p>	<p>Tes :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pilihan ganda (PG) No. 1,2,3,4, & 5 • Uraian (U) No 1 	<p>Digabung awal pertemuan ke-1 dan akhir pertemuan ke-4</p>

		<ul style="list-style-type: none"> • Motivasi: <ul style="list-style-type: none"> ❖ Guru menyebutkan beberapa contoh reaksi kimia diatas seperti pencernaan makanan dan pengkaratan besi. Reaksi kimia ada yang berlangsung cepat dan ada yang berlangsung lambat. “manakah diantara peristiwa tersebut berlangsung paling cepat dan paling lambat ? ❖ Hal-hal apa yang perlu diukur (diamati) untuk menjelaskan cepat lambatnya suatu reaksi • Memberikan acuan belajar <ul style="list-style-type: none"> • Menyampaikan kompetensi/tujuan pembelajaran yang akan dicapai, garis besar materi dan kegiatan belajar untuk mencapainya, serta sistem penilaian belajar. <p><u>Keterangan:</u> LKS P1 tentang pengertian dan penentuan laju reaksi, yakni terdiri dari:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kegiatan 1 (pengertian laju reaksi) 	<ul style="list-style-type: none"> • Siswa diharapkan menjawab bahwa reaksi yang berlangsung paling cepat adalah pencernaan makanan dan reaksi yang berlangsung paling lambat adalah perkaratan besi. • Siswa diharapkan mencoba menjawab pertanyaan guru melalui pengetahuan awal yang mereka miliki • Siswa memperhatikan dan mencermati acuan pembelajaran 			
--	--	---	--	--	--	--

	<p>Fasa 2 :Mengorganisasi- sasi siswa untuk belajar</p>	<p>- Kegiatan 2 (penentuan laju reaksi rata-rata, laju reaksi sesaat, dan ciri umum laju reaksi)</p> <p>Kegiatan Inti (70 menit) <u>Mengamati (Observing)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Mengorganisasikan siswa belajar serta membagikan LKS P1 yang berisi kegiatan 1 dan 2 tentang pengertian laju reaksi • Menugaskan siswa mengamati dan mencermati fenomena yang disajikan melalui teks pengantar pada LKS P1 • Guru menugaskan siswa mengidentifikasi masalah-masalah yang muncul dari teks materi pengantar yang telah diberikan pada LKS P1. <p><u>Menanya (Questioning)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Membatasi siswa untuk memunculkan masalah dari fenomena yang telah diamati berdasarkan teks materi pengantar LKS P1 	<ul style="list-style-type: none"> • siswa mengamati dan mencermati fenomena yang disajikan di teks pengantar • Siswa mulai mengamati masalah-masalah yang muncul • Siswa mengidentifikasi masalah-masalah dimana pertanyaan yang akan dimunculkan masih berkaitan dengan fenomena pengantar di LKS P1. • Dari hasil identifikasi masalah siswa membatasi masalah sesuai dengan tujuan pembelajaran. 	<p>Afektif :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sikap ingin tahu/antusias dan disiplin • Sikap jujur/objektif dan terbuka • Sikap ulet dan teliti • Sikap kritis • Sikap tanggung jawab 	<p>Rubrik penilaian keseluruhan afektif</p>	<p>Selama proses pembelajaran</p>
--	---	---	--	--	---	-----------------------------------

	<p>Fase 3: Membimbing penyelidikan individu maupun kelas</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Menugaskan siswa merumuskan masalah investigasi tentang fenomena yang terdapat pada teks pengantar • Memfasilitasi dan mengarahkan siswa dalam pembentukan kelompok (4-5 orang) setiap kelompok untuk melakukan percobaan. • Menugaskan siswa membuat hipotesis berdasarkan fenomena-fenomena (percobaan) yang terdapat dalam teks pengantar LKS P1 <p><u>Mengumpulkan data (Experimenting)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Membimbing siswa dalam penyelidikan konsep-konsep dari berbagai sumber untuk menentukan kebenaran hipotesis yang sudah ditentukan • Membimbing siswa untuk menentukan rancangan percobaan baik variabel 	<ul style="list-style-type: none"> • siswa membuat rumusan masalah dari fenomena investigasi yang diperoleh dari teks materi pengantar pada LKS P1. • membentuk kelompok belajar yang beranggota 4-5 orang serta mendapatkan LKS P1 dari guru • Membuat hipotesis berdasarkan fenomena LKS P1 melalui bimbingan guru • Merancang percobaan pada kegiatan 1 secara kelompok melalui bimbingan dari guru. • Melakukan percobaan pada kelompok untuk menguji hipotesis 			
--	--	---	--	--	--	--

		<p>percobaan, alat, bahan dan prosedur kerja akan akan mereka lakukan untuk membuktikan setiap hipotesis yang sudah mereka tentukan.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Memfasilitasi kelompok siswa dalam melakukan percobaan pada kegiatan 1 LKS P1. • Menegaskan agar siswa melakukan pengamatan dengan cermat dan mencatat data hasil percobaan (mengisi hasil pengamatan pada kegiatan 1 LKS P1) <p><u>Mengasosiasi (Associating)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Meminta siswa menganalisis data hasil kegiatan 1 pada LKS P1. • Menegaskan siswa menjawab setiap pertanyaan yang ada dalam kegiatan 1 (teks materi) pada LKS P1 dengan teliti. • Guru membimbing siswa seperlunya dalam menemukan konsep dari materi yang dipelajari melalui kegiatan penyelidikan yang 	<ul style="list-style-type: none"> • Melakukan pengamatan dan mencatat data hasil percobaan pada kegiatan 1 • Siswa menganalisis data terkait hasil percobaan yang diperoleh pada kegiatan 1 melalui diskusi kelompok • Melalui diskusi kelompok, siswa menjawab pertanyaan yang ada pada masing-masing kegiatan • Siswa bersama kelompoknya saling bertukar pikiran, berdiskusi, mengklarifikasi dan 	<p>Keterampilan : Keterampilan melakukan observasi perubahan objek (perubahan volume)</p>	<p>Kinerja : Rubrik penilaian psikomotor</p>	<p>Selama proses pembelajaran</p>
--	--	---	---	---	--	-----------------------------------

	<p>Fase 4: Mengembangkan dan menyajikan hasil karya</p>	<p>telah dirancang setiap kelompok.</p> <ul style="list-style-type: none"> Mengarahkan siswa untuk membuat laporan pemecahan masalah yang sudah mereka temukan alternatif solusinya dan dirangkum dalam bentuk laporan sebelum dipresentasikan ke setiap kelompok yang sudah ditentukan <p><u>Mengkomunikasikan (Communicating)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Meminta dan memfasilitasi kegiatan presentasi masing-masing kelompok siswa untuk menyampaikan laporan hasil pemecahan masalah dari konsep-konsep yang diperoleh, kemudian ditanggapi kelompok lain Guru meminta siswa untuk menyimpulkan konsep terkait materi yang dipelajari berdasarkan temuan pada kegiatan sebelumnya (<i>knowledge abstraction</i>) 	<p>mempersatukan ide serta pendapat.</p> <ul style="list-style-type: none"> Siswa membuat laporan pemecahan dari setiap masalah-masalah yang sudah mereka temukan dari konsep-konsep ilmu yang sudah mereka pelajari sebelumnya. Salah satu kelompok mempresentasikan hasil diskusi kelompoknya, kelompok yang lainnya sebagai penyangga untuk mengajukan pertanyaan serta mendengarkan dengan bijak Siswa mulai menyimpulkan pemecahan masalah dari diskusi kelompok Siswa bersama dengan guru menemukan pemecahan 			
--	---	--	---	--	--	--

	<p>Fase 5: Menganalisis dan mengevaluasi proses pemecahan masalah</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Guru membimbing siswa menemukan pemecahan masalah yang tepat dari konsep yang dimiliki siswa • Kegiatan Penutup (10 Menit) • Mengajak siswa untuk bersama-sama merangkum hasil pembelajaran dari semua laporan pemecahan masalah yang sudah disampaikan siswa • Mengarahkan siswa untuk menerapkan konsep pemecahan masalah yang sudah dianalisis. • Menyampaikan kepada siswa untuk menerapkan konsep-konsep pada masalah baru dalam bentuk pekerjaan rumah (pengayaan) dalam LKS • Menyampaikan rancangan pembelajaran pada pertemuan berikutnya 	<p>masalah yang tepat dari konsep yang mereka peroleh.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Siswa merangkum hasil pembelajaran • Mendengarkan arahan guru dan mencatat tugas pekerjaan yang disampaikan guru • Mendengarkan informasi yang disampaikan guru 			
--	--	--	--	--	--	--

Sumber : Lisa, 2019

RENCANA PELAKSANAAN PEMBELAJARAN (RPP) UNIT 2

A. Identitas

Satuan Pendidikan	: SMA
Mata Pelajaran	: Kimia
Kelas/Semester	: XI IPA/ 1
Alokasi Waktu	: 2 (2 x 45 menit)
Topik	: Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Laju Reaksi dan Teori Tumbukan

B. Tujuan Pembelajaran

1. Siswa menyadari dan mengakui keberadaan faktor-faktor laju reaksi sebagai wujud kebesaran Tuhan Yang Maha Esa.
2. Siswa menunjukkan sikap kreatif dan inovatif melalui penjelasan faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi berdasarkan teori tumbukan dan penerapannya dalam kehidupan.
3. Siswa menunjukkan perilaku komunikatif dan demokrasi melalui diskusi.
4. Siswa menunjukkan perilaku kerjasama dan toleransi melalui interaksinya dengan siswa lain dalam kegiatan kelompok.
5. Siswa menunjukkan perilaku santun dan cinta damai melalui interaksinya dengan guru dan siswa lain selama pembelajaran.
6. Siswa menunjukkan perilaku responsif serta bijaksana dalam menanggapi kegiatan pembelajaran.
7. Siswa mampu menjelaskan faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi melalui percobaan.
8. Siswa mampu merancang percobaan faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi.
9. Siswa mampu melakukan percobaan faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi.
10. Siswa mampu menyimpulkan dan menyajikan hasil percobaan yang mempengaruhi laju reaksi.
11. Siswa mampu menganalisis dan menyajikan hasil penelusuran informasi cara-cara pengaturan dan penyimpanan bahan untuk mencegah perubahan fisika dan kimia yang tak terkendali.
12. Siswa mampu menjelaskan pengaruh konsentrasi, temperatur, dan luas permukaan terhadap laju reaksi berdasarkan teori tumbukan melalui diskusi kelompok kecil.
13. Siswa mampu menjelaskan hubungan laju reaksi dengan tumbukan antar partikel reaktan melalui diskusi kelompok kecil.
14. Siswa mampu menganalisis tumbukan antar partikel reaktan yang menyebabkan reaksi kimia.
15. Siswa mampu menjelaskan teori tumbukan.

16. Siswa mampu mempresentasikan pengaruh konsentrasi, temperatur, luas permukaan, dan katalis terhadap laju reaksi berdasarkan teori tumbukan.

Kompetensi Dasar dan IndikatorKD dari KI 1:

- 1.1 Menyadari faktor-faktor laju reaksi sebagai wujud dari kebesaran Tuhan YME dan pengetahuan tentang adanya keteraturan tersebut sebagai hasil pemikiran kreatif manusia yang kebenarannya bersifat tentatif.

KD dari KI 2:

- 2.1 Menunjukkan perilaku ilmiah (memiliki rasa ingin tahu, disiplin, jujur, objektif, terbuka, mampu membedakan fakta dan opini, ulet, teliti, bertanggung jawab, kritis, kreatif, inovatif, demokratis, komunikatif) dalam merancang dan melakukan percobaan serta berdiskusi yang diwujudkan dalam sikap sehari-hari.

Indikator:

- 2.1.1 Menunjukkan rasa ingin tahu/antusiasme dan disiplin.
2.1.2 Menunjukkan perilakuobjektif (jujur dan terbuka).
2.1.3 Menunjukkan perilaku ulet dan teliti.
2.1.4 Bersikap kritis.
2.1.7 Bertanggung jawab
2.2 Menunjukkan perilaku kerjasama, santun, toleran, cinta damai dan peduli lingkungan serta hemat dalam memanfaatkan sumber daya alam.
2.3 Menunjukkan perilaku responsif dan pro-aktif serta bijaksana sebagai wujud kemampuan memecahkan masalah dan membuatkeputusan.

KD dari KI 3:

- 3.6 Menjelaskan faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi menggunakan teori tumbukan

Indikator :

- 3.6.5 Menjelaskan faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi
3.6.6 Menjelaskan pengaruh konsentrasi, temperatur, dan luas permukaan terhadap laju reaksi berdasarkan teori tumbukan.
3.6.7 Menjelaskan hubungan laju reaksi dengan tumbukan antar partikel reaktan
3.6.8 Menganalisis tumbukan antar partikel reaktan yang menyebabkan reaksi kimia.
3.6.9 Menjelaskan teori tumbukan

KD dari KI 4:

- 4.6 Menyajikan hasil penelusuran informasi cara-cara pengaturan dan penyimpanan bahan untuk mencegah perubahan fisika dan kimia yang tidak terkendali.

Indikator:

- 4.6.1 Menganalisis informasi cara-cara pengaturan dan penyimpanan bahan untuk mencegah perubahan fisika dan kimia yang tak terkendali.
4.6.2 Menyajikan hasil penelusuran informasi cara-cara pengaturan dan penyimpanan bahan untuk mencegah perubahan fisika dan kimia yang tak terkendali
4.7 Merancang, melakukan, dan menyimpulkan serta menyajikan hasil percobaan faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi dan orde reaksi

Indikator:

- 4.7.5 Merancang percobaan faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi dan orde reaksi.
- 4.7.6 Melakukan percobaan faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi
- 4.7.7 Menyimpulkan serta menyajikan hasil percobaan faktor yang mempengaruhi laju reaksi
- 4.7.8 Mempresentasikan pengaruh konsentrasi, temperatur, luas permukaan, dan katalis terhadap laju reaksi berdasarkan teori tumbukan.

C. Materi Pokok**a) Konsep dan Konsepsi Prasyarat**

Zat	Materi yang mempunyai partikel-partikel yang sama dan tidak dapat dipisahkan menjadi zat-zat yang lebih sederhana secara fisika
Reaksi Kimia	Perubahan suatu zat menjadi zat baru ditandai dengan terjadinya perubahan warna, perubahan suhu, terbentuknya gas, dan/atau terbentuknya endapan sebagai indikasi terbentuknya partikel materi baru dengan struktur dan/atau rumusan kimia yang berbeda
Reaktan	Zat yang bereaksi dengan zat lain dalam suatu reaksi kimia sehingga menyebabkan partikelnya berubah atau menghasilkan zat baru
Produk	Zat yang terbentuk sebagai hasil suatu reaksi kimia yang memiliki struktur, rumusan kimia, dan sifat yang berbeda dengan reaktan.
Konsentrasi (dalam molar)	Jumlah mol zat terlarut dalam satu liter larutan dan merupakan tingkat kepekatan zat terlarut dalam larutan tersebut.
Laju Reaksi	Perubahan konsentrasi (molaritas) suatu zat pereaksi (reaktan) atau suatu zat hasil reaksi (produk) tiap satuan waktu
Laju reaksi rata-rata	Perubahan konsentrasi pada selang waktu tertentu
Laju reaksi sesaat	Perubahan konsentrasi pada selang waktu yang sangat kecil ($\Delta t \rightarrow 0$) pada suatu waktu yang merupakan kemiringan kurva pada titik itu

b) Konsep dan Konsepsi yang Akan Dibangun

Pengaruh Temperatur	Semakin tinggi temperatur, laju reaksi semakin cepat
Pengaruh Luas Permukaan	Semakin besar luas permukaan, laju reaksi semakin cepat
Pengaruh Konsentrasi	Semakin besar konsentrasi, laju reaksi semakin cepat
Pengaruh Katalis	Penambahan katalis dapat mempercepat laju reaksi
Tumbukan	Tumbukan yang menghasilkan reaksi, terjadi apabila partikel yang

efektif	bertumbukan memiliki energi kinetik sam dengan atau lebih besar dari pada energi aktivasi serta memiliki orientasi tumbukan yang tepat untuk menghasilkan reaksi yang umumnya melibatkan pemutusan ikatan molekul peraksi dan pembentukan ikatan baru sehingga terbentuk produk.
Tumbukan Tidak efektif	Tumbukan yang tidak menghasilkan reaksi, terjadi apabila partikel yang bertumbukan memiliki energi kinetik yang lebih keci dari pada energi aktivasi dan/atau arientasi tumbukan yang tidak tepat untuk memutuskan ikatan molekul pereaksi maupun pembentukan ikatan molekul atau partikel baru.
Pengaruh Kosentrasi terhadap laju reaksi	Pada kosentrasi tinggi jumlah partikel zat reaktan sangat banyak dan jarak antar partikelnya berdekatan (ralatif rapat), akibatnya frekuensitumbukan semakin banyak, sehingga laju reaksi berlangsung cepat
Pengaruh temperatur terhadap laju reaksi	Pada temperatur sistem yang tinggi, energi kinetik partikel reaktan bertambah sehingga pergerakan partikel reaktan semakin cepat (terutama yang melampaui energi aktivasi), akibatnya frekuensi tumbukan semakin banyak, maka laju reaksi berlangsung cepat.
Pengaruh luas permukaan terhadap laju reaksi	Untuk massa zat padat yang sama, semakin besar luas bidang sentuh, frekuensi tumbukan semakin banyak sehingga laju reaksi semakin cepat.
Pengaruh katalis terhadap laju reaksi	Katalis berfungsi untuk mempercepat laju reaksi melalui pembentukan kompleks teraktivasi dengan katalis yang mmiliki energi aktivasi lebih rendah sehingga lebih mudah terjadi reaksi dan laju reaksi berlangsung lebih cepat.

D. Uraian Materi

Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Laju Reaksi

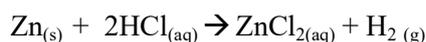
Dalam kehidupan sehari-hari kita sering menemukan bahwa kayu yang dibelah menjadi serpihan kayu akan lebih cepat terbakar daripada kayu yang dibiarkan dalam bentuk gelondongan (balok besar). Hal tersebut menunjukkan bahwa suatu reaksi yang sama dapat berlangsung dengan laju yang berbeda, bergantung pada keadaan zat pereaksi. Dalam bagian ini akan dikaji faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi. Pengetahuan tentang hal ini memungkinkan kita dapat mengendalikan laju reaksi, yaitu memperlambat reaksi yang merugikan dan mempercepat reaksi yang menguntungkan.

1. Temperatur

Dalam kehidupan kita sehari-hari tidak pernah terlepas dari makanan. Kita sangat membutuhkan makanan karena makanan merupakan sumber energi bagi kita untuk melakukan segala aktivitas dalam hidup. Oleh karena itu, kita selalu berusaha membuat persediaan makanan yang cukup agar bisa kita konsumsi dalam jangka waktu yang lama. Usaha yang biasa kita lakukan yaitu dengan mengawetkan makanan yang disimpan.

Pernahkan anda berpikir, mengapa kita sering mengawetkan makanan tersebut dengan menyimpannya dalam lemari es atau pada tempat yang memiliki suhu di bawah 0°C? Contoh yang lainnya, pada zaman dulu orang memeram buah pisang dengan *gentong* (tabung) diisi dedaunan dan diatas tutup gentong diisi batok kelapa dan sekampadi yang dibakar perlahan. Cara seperti ini dapat membuat ruang pemeraman bersuhu antara 40 s.d 50 °C yang dipertahankan 1-2 hari dan mampu mempercepat buah pisang menjadi masak. Apakah temperatur mempengaruhi laju reaksi?

Di laboratorium, suatu percobaan dilakukan dengan mereaksikan logam Zn dengan larutan HCl 1 M. Reaksi antara logam Zn dengan larutan HCl menghasilkan gas H₂ yang ditandai dengan munculnya gelembung-gelembung gas. Reaksi yang terjadi sebagai berikut:



Percobaan ini dilakukan sebanyak 5 kali. Masing-masing percobaan dilakukan pada temperatur 10°C, 27°C, 40°C, 50°C, dan 60°C. Perbedaan laju dapat diamati dari kecepatan pembentukan gelembung-gelembung gas H₂, yakni waktu yang diperlukan sampai sejumlah volume tertentu gas H₂ terbentuk. Tabel 11 menyajikan data waktu terbentuknya gas H₂ pada masing-masing temperatur. Data tersebut disajikan dalam bentuk grafik (Gambar 8).

Tabel 11. Waktu Terbentuknya gas H ₂ dengan volume tertentu (membuat balon yang sama mulai berdiri)			
No	Temperatur (°C)	Waktu (s)	Laju Reaksi (s ⁻¹)
1	10°C	25,27	3,96 x 10 ⁻²
2	27°C	12,92	7,74 x 10 ⁻²
3	40°C	10,35	9,66 x 10 ⁻²
4	50°C	9,95	10,05 x 10 ⁻²
5	60°C	9,64	10,37 x 10 ⁻²

Data hasil percobaan menunjukkan bahwa laju reaksi semakin besar seiring naiknya temperatur. Dengan kata lain semakin tinggi temperatur maka laju reaksi semakin cepat.

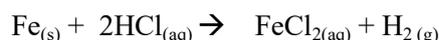
2. Luas Permukaan

Seperti kajian sebelumnya di atas bahwa kayu yang dibelah menjadi serpihan kayu (menjadi bagian yang lebih kecil) akan lebih cepat terbakar daripada kayu yang dibiarkan dalam bentuk gelondongan (balok besar).

Mengapa hal tersebut bisa terjadi? Untuk menjawab hal tersebut, marilah kita cermati uraian di bawah ini.

Contoh kayu yang dibakar tersebut menunjukkan bahwa suatu reaksi yang sama dapat berlangsung dengan laju yang berbeda, bergantung pada keadaan zat pereaksi. Hal ini mungkin erat kaitannya dengan luas permukaan bidang sentuh suatu zat yang bereaksi. Pengaruh luas permukaan bidang sentuh terhadap laju reaksi dapat diamati dari reaksi yang melibatkan pereaksi dalam bentuk padatan.

Suatu percobaan pengaruh luas permukaan terhadap laju reaksi dilakukan dengan mereaksikan besi berbentuk serbuk dan batangan (massa sama) dengan larutan HCl 3 M. Reaksi antara besi dengan larutan HCl menghasilkan gas H₂ yang ditandai dengan munculnya gelembung-gelembung gas. Adapun reaksi yang terjadi sebagai berikut:



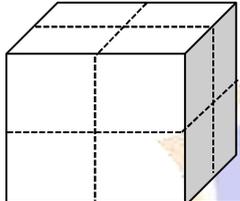
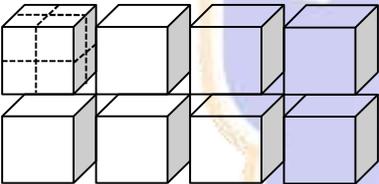
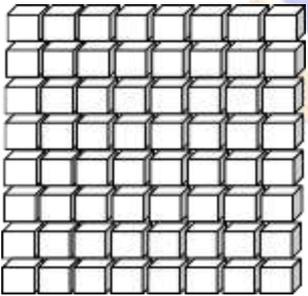
Perbedaan laju dapat diamati dari kecepatan pembentukan gelembung-gelembung gas H₂, yakni waktu yang diperlukan sampai sejumlah volume tertentu gas H₂ terbentuk (balon karet yang menampung gas mulai berdiri). Berikut ini disajikan data waktu terbentuknya gas H₂ pada masing-masing kondisi.

Tabel 8. Waktu Terbentuknya gas H₂

No	Bentuk Besi (0,5 gram)	Waktu (s) balon karet mulai berdiri	s ⁻¹ (Laju Reaksi Relatif)
1	batangan (paku)	34	2,94 x 10 ⁻²
2	serbuk	7	14,28 x 10 ⁻²

Berdasarkan data dalam Tabel 8 di atas, dapat dilihat bahwa yang mempunyai laju reaksi lebih besar adalah percobaan 2, yakni besi dalam bentuk serbuk. Besi berbentuk serbuk memiliki ukuran butir-butir yang lebih kecil dibandingkan besi berbentuk batangan (paku). Apakah ukuran partikel (luas permukaan materi) mempengaruhi laju reaksi? Ketika padatan besi dan larutan HCl tersebut bercampur dan bersentuhan satu sama lain, reaksi hanya terjadi pada permukaan besi. Perbedaan luas permukaan besi berbentuk batangan dan besi berbentuk serbuk dapat ditentukan.

Untuk mempermudah pemahaman, di bawah ini dianalogikan sebagai kayu (massa sama) yang dibakar baik dalam bentuk kubus besar, kubus kecil, maupun serpihan-serpihan kayu.

 <p>Gambar 1</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Gambar 1 merupakan kayu yang berbentuk kubus besar (panjang masing-masing rusuk kubus adalah 20 cm). ➤ Luas sisi kubus di samping adalah 2.400 cm²
 <p>Gambar 2</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Apabila kayu berbentuk kubus besar pada Gambar 1 di atas dipecah (panjang masing-masing rusuk kubus adalah 10 cm), maka akan diperoleh kubus kecil seperti pada Gambar 2 yang terdiri dari 8 bagian. ➤ Luas total sisi kubus kecil di samping adalah 4.800 cm².
 <p>Gambar 3</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Apabila masing-masing kayu berbentuk kubus kecil pada Gambar 2 di atas dipecah lagi menjadi lebih kecil (panjang masing-masing rusuk kubus adalah 5 cm), maka akan diperoleh serpihan kayu seperti pada Gambar 3 yang terdiri dari 64 bagian. ➤ Luas total sisi kubus (serpihan kayu) di samping adalah 9.600 cm².

Dari ketiga bentuk dan ukuran kayu di atas, dapat dilihat bahwa yang mempunyai luas permukaan bidang sentuh paling besar yaitu Gambar 3 berupa serpihan-serpihan kayu yang paling kecil. Perbedaan penting yang dapat diamati dari ketiga gambar (massa tetap) di atas adalah ukuran kayu yang semakin kecil mengakibatkan luas permukaan (bidang sentuh

reaksi) kayu yang semakin besar. Jadi untuk massa zat padat yang sama, semakin kecil ukuran partikel zat reaktan, maka luas permukaan bidang sentuh zat tersebut semakin besar. Hal inilah yang menyebabkan kayu yang dipotong dalam bentuk serpihan (Gambar 3) lebih cepat terbakar dibandingkan kayu berbentuk gelondongan (kubus besar). Sehingga dengan memperbesar luas permukaan bidang sentuh, suatu reaksi akan berlangsung lebih cepat

Pada contoh percobaan di atas, besi berbentuk serbuk mempunyai ukuran yang lebih kecil dibandingkan besi berbentuk batangan, sehingga luas permukaan (bidang sentuh reaksi) dari besi berbentuk serbuk akan lebih besar dibandingkan bentuk batangannya.

Berdasarkan data pada Tabel 8 di atas, dapat dilihat bahwa jumlah gelembung yang muncul pada besi berbentuk serbuk lebih banyak dibandingkan pada bentuk batangannya. Jumlah gelembung yang muncul berkaitan dengan kecepatan reaksi yang terjadi. Hal tersebut menunjukkan bahwa reaksi besiberbentuk serbuk berlangsung lebih cepat dibandingkan bentuk batangannya.

Berdasarkan data pada Tabel 8 di atas, dapat dilihat bahwa pada percobaan 2 yakni reaksi dengan menggunakan besiberbentuk serbuk (luas permukaan lebih besar) mempunyai laju reaksi yang lebih besar dibandingkan bentuk batangannya (luas permukaan lebih kecil). Tabel 8 di atas juga menunjukkan bahwa laju reaksi akan semakin besar seiring bertambahnya luas permukaan bidang sentuh. Dengan kata lain semakin besar luas permukaan bidang sentuh zat padat yang bereaksi maka laju reaksi semakin cepat. Adanya perbedaan ukuran zat-zat (padat) atau luas permukaan zat yang bereaksi menyebabkan laju reaksi berbeda, karena reaksi kimia terjadi pada permukaan zat (padat). Sehingga luas permukaan (ukuran partikel) dapat mempengaruhi laju reaksi.

3. Konsentrasi

Kandungan oksigen dalam udara terbuka hanya sekitar 20%. Jika serabut besi dibakar di udara terbuka, akan dihasilkan nyala merah sedikit demi sedikit. Namun ketika serabut besi tersebut dimasukkan ke dalam suatu ruang yang berisi oksigen murni, serabut besi akan terbakar dengan hebat atau dengan kata lain teroksidasi menjadi Fe_3O_4 dengan cepat. Apakah laju pembakaran berkaitan dengan kadar oksigen di udara maupun dalam suatu ruang tersebut? Seperti yang telah kita pelajari pada pertemuan sebelumnya, kadar suatu zat dalam larutan biasanya dinyatakan sebagai konsentrasi. Konsentrasi (dalam molar) merupakan jumlah mol zat terlarut dalam satu liter larutan.

Suatu percobaan pengaruh konsentrasi terhadap laju reaksi dilakukan dengan mereaksikan logam Zn (massa yang sama) dengan larutan HCl pada konsentrasi 0,25 M; 0,5 M; 1 M; 2 M; dan 3 M. Reaksi antara logam Zn dengan larutan HCl menghasilkan gas H_2 yang ditandai dengan munculnya gelembung-gelembung gas. Adapun reaksi yang terjadi sebagai berikut:



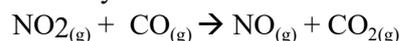
Perbedaan laju dapat diamati dari kecepatan pembentukan gelembung-gelembung gas H_2 , yakni waktu yang diperlukan sampai sejumlah volume tertentu gas H_2 terbentuk. Berikut ini disajikan data waktu terbentuknya gas H_2 dengan volume tertentu dan harga kebalikan waktu (s^{-1}) yang mempresentasikan laju reaksinya dalam bentuk Tabel (Tabel 9) dan grafik (Gambar 6) terhadap variasi konsentrasi HCl.

Tabel 9. Waktu Terbentuknya gas H₂ dengan Volume Tertentu

No	[HCl] (5 mL)	Waktu (s)	Laju Reaksi ~ (s ⁻¹)
1	0,25 M	59,88	1,67 x 10 ⁻²
2	0,50 M	32,47	3,08 x 10 ⁻²
3	1,00 M	17,51	5,71 x 10 ⁻²
4	2,00 M	8,73	11,45 x 10 ⁻²
5	3,00 M	5,80	17,25 x 10 ⁻²

Data dalam Tabel 9 dan grafik Gambar 6 menunjukkan semakin tinggi konsentrasi reaktan HCl laju reaksi semakin cepat.

Contoh lain percobaan pengaruh konsentrasi terhadap laju reaksi dilakukan dengan mereaksikan gas nitrogen dioksida (NO₂) yang konsentrasi bervariasi yakni 0,1 M, 0,2 M, 0,3 M, 0,4 M dan 0,5 M dengan gas karbon monoksida (CO) yang konsentrasinya sama yakni 0,05 M. Persamaan reaksinya adalah



Berikut ini disajikan data waktu terbentuknya gas produk pada masing-masing kondisi (variasi konsentrasi gas NO₂). Bentuk grafik dari data di atas dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 10. Laju Reaksi Terbentuknya gas CO₂

No	[NO ₂]	Laju Reaksi (M/s)
1	0,1 M	0,99 x 10 ⁻³
2	0,2 M	3,96 x 10 ⁻³
3	0,3 M	8,91 x 10 ⁻³
4	0,4 M	15,84 x 10 ⁻³
5	0,5 M	24,75 x 10 ⁻³

Data hasil percobaan tersebut juga diGrafik di atas menunjukkan bahwa laju reaksi akan semakin besar seiring bertambahnya konsentrasi reaktan NO₂. Hasil kedua eksperimen tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi zat pereaksi maka laju reaksi semakin cepat.

4. Katalis

Peningkatan laju reaksi dengan meningkatkan temperatur sering tidak efektif atau tidak dapat dilakukan. Pada kehidupan industri atau di masyarakat,

peningkatan laju reaksi sering dilakukan dengan menambahkan zat lain yang tidak mengalami pengurangan ketika reaksi telah selesai. Seperti minyak lebih cepat tengik jika disimpan dalam kaleng besi dibandingkan jika disimpan dalam botol kaca. Besi sebagai bahan kaleng besi tidak berkurang massanya setelah minyak tersebut tengik. Dalam hal ini besi hanya mempercepat proses terjadinya ketengikan. Besi dalam proses ketengikan minyak tersebut dianggap sebagai katalis.

Suatu percobaan pengaruh katalis terhadap laju reaksi dilakukan dengan reaksi dekomposisi larutan H₂O₂ dengan dan tanpa penambahan MnO₂. Reaksi ini menghasilkan gas O₂ yang ditandai dengan munculnya gelembung-gelembung gas. Persamaan reaksi dekomposisi hidrogen peroksida adalah



Banyaknya gelembung gas yang terbentuk dalam selang waktu tertentu laju reaksi tersebut. Data hasil percobaan penguraian larutan H₂O₂ dengan dan tanpa kehadiran MnO₂ disajikan dalam Tabel 12 dan Massa MnO₂ tidak berkurang setelah reaksi selesai.

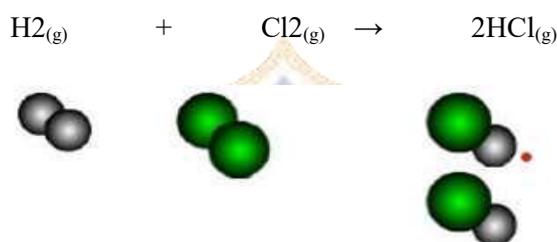
Tabel 12.
Cepat Lambatnya Gelembung Gas O₂ yang Terbentuk

No	Larutan	Pengamatan	Keterangan
1	H ₂ O ₂ + MnO ₂	banyak gelembung (cepat)	dengan penambahan MnO ₂
2	H ₂ O ₂	sedikit gelembung (lambat)	tanpa penambahan MnO ₂

Berdasarkan data di atas, dapat dilihat bahwa jumlah gelembung gas (O_2) yang muncul pada dekomposisi H_2O_2 dengan penambahan MnO_2 (larutan 1) lebih banyak dibandingkan dekomposisi H_2O_2 tanpa penambahan MnO_2 (larutan 2). Hal tersebut menunjukkan bahwa dekomposisi H_2O_2 dengan penambahan MnO_2 berlangsung lebih cepat dibandingkan dekomposisi H_2O_2 tanpa penambahan MnO_2 . Dalam larutan 1, MnO_2 mempercepat laju reaksi tanpa mengalami perubahan pengurangan massa ketika reaksi selesai. Dengan demikian, penambahan MnO_2 dalam reaksi penguraian H_2O_2 berfungsi sebagai katalis yang mempercepat laju reaksi.

Teori Tumbukan

Reaksi antara molekul-molekul gas hidrogen dan molekul-molekul gas klor membentuk molekul-molekul senyawa gas hidrogen klorida tentunya melibatkan kontak antar molekul-molekul reaktan. Kontak antar molekul (partikel) yang bergerak cenderung melibatkan tumbukan antar partikel.

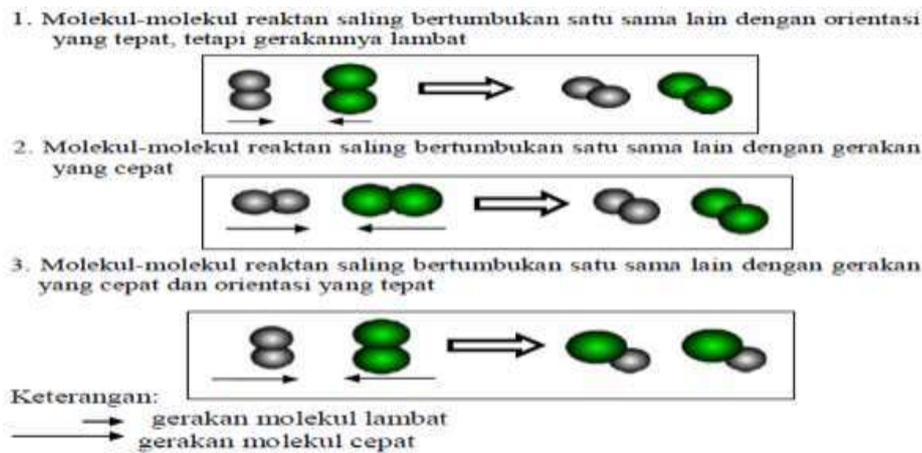


Gambar 14. Reaksi RPembentukan Molekul-molekul Senyawa Gas Hidrogen Klorida

Fakta sebelumnya telah menunjukkan bahwa kenaikan temperatur mempercepat laju reaksi. Demikian juga makin besar konsentrasi reaktan, semakin cepat reaksi tersebut. Namun, peningkatan laju reaksi tidak selalu linier (berbanding lurus) dengan konsentrasi suatu reaktan, melainkan ada juga yang berbentuk kurva. Bagaimana hubungan antara tumbukan antar partikel reaktan dengan laju reaksi? Demikian juga adanya pola grafik yang bervariasi menunjukkan tampaknya tidak semua tumbukan menghasilkan reaksi. Apakah posisi tumbukan antar partikel dan kecepatan partikel reaktan berpengaruh terhadap laju reaksi?

Kedua gejala di atas mengindikasikan adanya tumbukan efektif sebagai syarat terjadinya reaksi. Apakah yang membedakan antara tumbukan efektif dengan tumbukan tidak efektif? Hipotesis yang dapat dirumuskan dari pertanyaan di atas yaitu tumbukan efektif merupakan tumbukan yang dapat menghasilkan reaksi karena energi kinetik partikel-partikel zat-zat reaktan yang bertumbukan cukup dan posisi/orientasi tumbukan tersebut tepat (sesuai). Sebaliknya tumbukan antara partikel-partikel zat reaktan yang tidak memiliki kondisi demikian tidak akan menghasilkan reaksi dan disebut sebagai tumbukan tidak efektif.

Molekul H_2 dan molekul Cl_2 harus bertumbukan satu sama lain agar menghasilkan molekul HCl . Adapun beberapa kemungkinan tumbukan yang terjadi antar partikel pereaksi dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 15. Tumbukan antara Molekul H_2 dan Molekul Cl_2

Dari Gambar 15 (tumbukan 1, tumbukan 2 dan tumbukan 3) di atas yang cenderung menghasilkan produk berupa molekul HCl adalah tumbukan 3. Mengapa tumbukan 1 dan tumbukan 2 cenderung tidak menghasilkan produk? Terbentuk atau tidaknya produk dari ketiga kemungkinan tumbukan di atas sangat dipengaruhi oleh bagaimana tumbukan yang terjadi. Setiap benda yang bergerak memiliki energi kinetik, begitu pula halnya suatu partikel (molekul). Semakin cepat pergerakan suatu partikel, semakin besar energi kinetiknya. Cepat lambatnya pergerakan suatu partikel dipengaruhi oleh temperatur. Ketika partikel-partikel bertumbukan, sebagian dari partikel yang bertumbukan akan bergetar kuat sehingga memutuskan beberapa ikatan kimianya. Putusnya ikatan cenderung sebagai langkah pertama ke pembentukan produk. Jika energi kinetik awalnya kecil, partikel hanya akan terpantul tetapi masih utuh. Hal inilah yang membedakan tumbukan 1 dan tumbukan 3. Pada tumbukan 1, molekul-molekul yang bertumbukan bergerak dengan lambat. Lambatnya gerakan molekul (partikel) tersebut berdampak pada energi kinetik yang dimiliki oleh partikel yang bertumbukan kecil sehingga produk tidak dapat terbentuk. Lain halnya dengan tumbukan 3 dimana partikel-partikel yang bertumbukan bergerak dengan cepat. Partikel yang bergerak dengan cepat memiliki energi kinetik yang cukup (besar) sehingga terbentuk produk berupa dua molekul HCl . Dari segi energi, ada semacam energi tumbukan minimum yang harus tercapai agar reaksi terjadi. Energi minimum tersebut dikenal sebagai energi aktivasi. Hal ini menunjukkan, untuk bereaksi partikel-partikel yang bertumbukan harus memiliki energi kinetik sama dengan atau lebih besar daripada energi aktivasi.

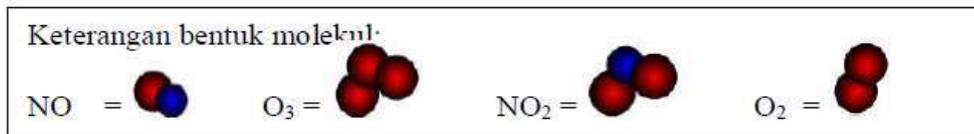
Selain energi, ada orientasi atau posisi tumbukan yang juga dapat mempengaruhi terjadinya reaksi, seperti yang telah ditunjukkan pada Gambar 15 (tumbukan 1, 2 dan 3) di atas. Pada tumbukan 2, orientasi tumbukan yang terjadi tidak tepat sehingga produk tidak dapat terbentuk, meskipun energi kinetiknya (kecepatan partikel) mungkin mencukupi. Lain halnya dengan tumbukan 3 memiliki orientasi tumbukan yang tepat, dimana antar partikel H dan partikel Cl saling bertumbukan satu sama lain dalam posisi yang tepat sehingga terbentuk produk berupa dua molekul HCl .

Dari contoh kemungkinan tumbukan pada Gambar 15 (tumbukan 1, 2 dan 3) di atas, tidak semua tumbukan antar partikel reaktan dapat menghasilkan reaksi. Tumbukan yang dapat menghasilkan reaksi adalah tumbukan 3. Tumbukan 3 menunjukkan tumbukan efektif, sedangkan tumbukan 1 dan 2 menunjukkan tumbukan yang tidak efektif.

Dari uraian di atas, dapat ditentukan bahwa orientasi atau posisi tumbukan partikel dan energi tumbukan (kecepatan partikel) mempengaruhi partikel-partikel reaktan yang bertumbukan untuk menghasilkan produk (terjadi reaksi). Hal ini memberikan konsekuensi terhadap pengertian tumbukan

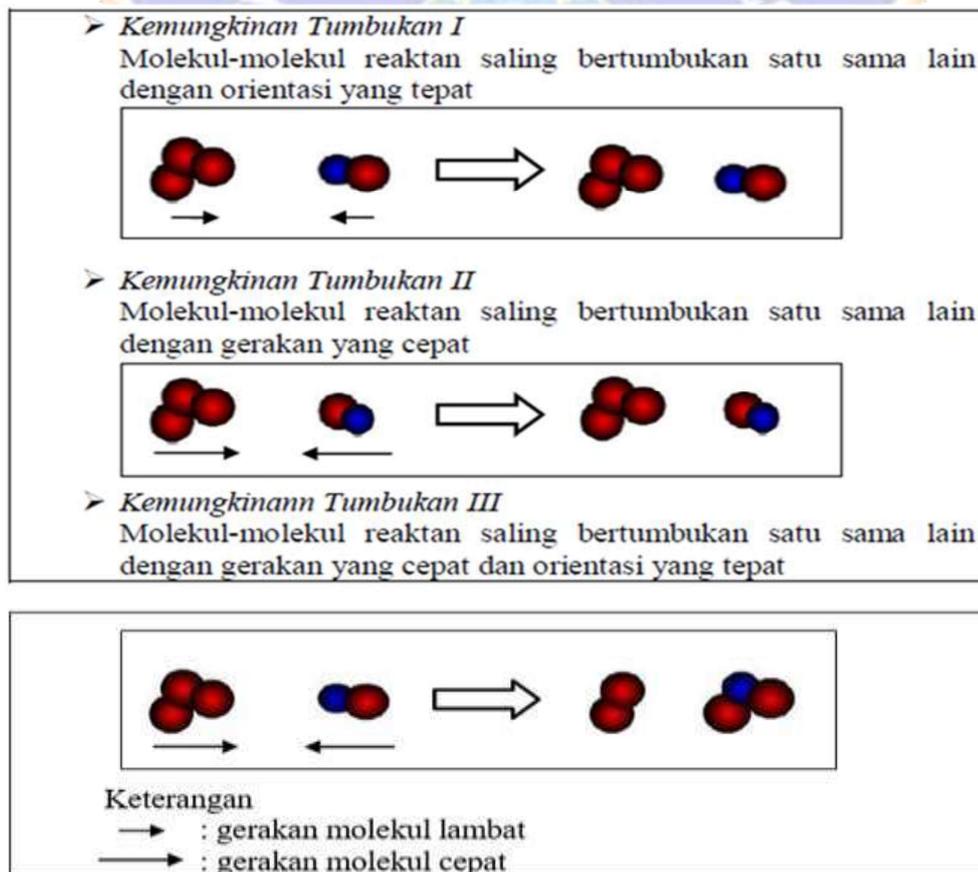
efektif yang dapat dibedakan dengan tumbukan tidak efektif. Berdasarkan kajian mengenai contoh kemungkinan tumbukan di atas, tumbukan efektif merupakan tumbukan yang dapat menghasilkan reaksi, terjadi apabila partikel yang bertumbukan memiliki energi kinetik sama dengan atau lebih besar daripada energi aktivasi dan memiliki orientasi tumbukan yang tepat (tumbukan 3). Sedangkan tumbukan tidak efektif merupakan tumbukan yang tidak dapat menghasilkan reaksi, terjadi apabila partikel yang bertumbukan memiliki energi kinetik yang lebih kecil daripada energi aktivasi dan/atau memiliki orientasi tumbukan yang tidak tepat (tumbukan 1 dan 2).

Analisis yang sama juga dapat dilakukan terhadap reaksi: $\text{NO}_{(g)} + \text{O}_{3(g)} \rightarrow \text{NO}_{2(g)} + \text{O}_{2(g)}$ dengan menggambarkan 3 kemungkinan tumbukan yang terjadi antar partikel pereaksi!



Gambar 16. Bentuk Molekul NO, O₃, NO₂ dan O₂

Molekul NO dan molekul O₃ harus bertumbukan satu sama lain agar menghasilkan molekul NO₂ dan molekul O₂. Beberapa kemungkinan tumbukan yang terjadi antar partikel pereaksi dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 17. Tumbukan antara Molekul O₃ dan Molekul NO

Berdasarkan ketiga kemungkinan tumbukan pada Gambar 17 di atas, tumbukan dipengaruhi oleh besarnya energi kinetik dan orientasi tumbukan antar partikel pereaksi. Tumbukan 3 merupakan tumbukan yang paling memungkinkan terjadinya reaksi karena tumbukan 3 memiliki orientasi tumbukan yang tepat serta gerakan molekulnya (partikel) cepat. Gerakan partikel yang cepat berdampak pada partikel-partikel yang bertumbukan tersebut memiliki energi kinetik yang cukup untuk melampaui energi aktivasi untuk menghasilkan suatu produk. Semakin besar energi kinetik yang dimiliki oleh partikel-partikel zat yang bereaksi, maka akan semakin mudah untuk melampaui energi aktivasi yang merupakan energi minimum untuk terjadinya suatu reaksi.

Tumbukan 3 merupakan tumbukan efektif, sedangkan tumbukan 1 dan 2 merupakan tumbukan tidak efektif. Jadi tumbukan efektif adalah tumbukan yang menghasilkan reaksi, terjadi apabila partikel yang bertumbukan memiliki energi kinetik sama dengan atau lebih besar daripada energi aktivasi serta memiliki orientasi tumbukan yang tepat untuk memutuskan ikatan molekul pereaksi dan membentuk ikatan baru sehingga terbentuk produk. Sedangkan tumbukan tidak efektif adalah tumbukan yang tidak menghasilkan reaksi, terjadi apabila partikel yang bertumbukan memiliki energi kinetik yang lebih kecil daripada energi aktivasi dan/atau orientasi tumbukan yang tidak tepat untuk memutuskan ikatan molekul pereaksi.

1. Pengaruh Konsentrasi Ditinjau dari Teori Tumbukan

Fakta mengenai pengaruh konsentrasi terhadap laju reaksi telah disajikan di depan melalui contoh reaksi:



Dari percobaan yang telah dilakukan didapatkan data sebagai berikut.

Tabel 19

Waktu Terbentuknya Gas H₂ dengan Volum yang Sama

No	[HCl] (5 mL)	Waktu (s)	Laju Reaksi (s ⁻¹)
1	0,25 M	59,88	1,67 x 10 ⁻²
2	0,50 M	32,47	3,08 x 10 ⁻²
3	1,00 M	17,51	5,71 x 10 ⁻²
4	2,00 M	8,73	11,45 x 10 ⁻²
5	3,00 M	5,80	17,25 x 10 ⁻²

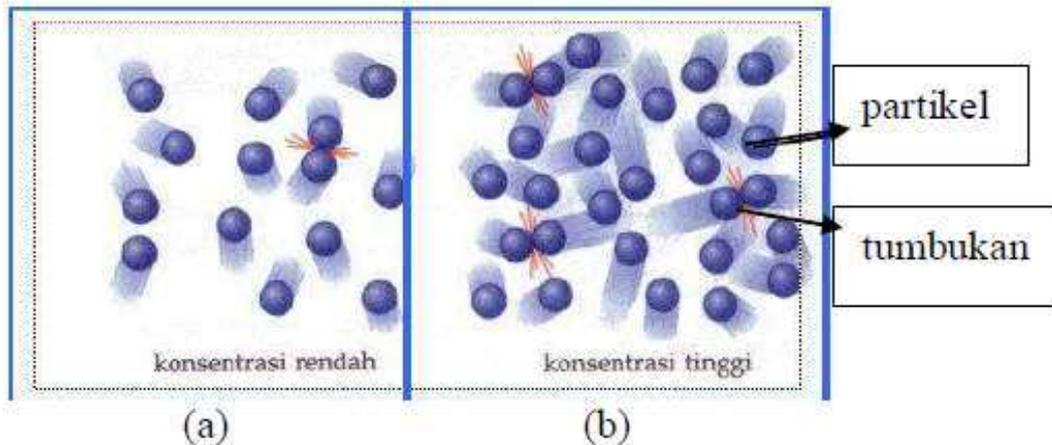
Data di atas menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi zat pereaksi maka laju reaksi semakin cepat. Bagaimanakah fakta tersebut dapat dijelaskan?

Reaksi antara molekul-molekul HCl dengan atom-atom Zn (seng) melibatkan kontak antar partikel-partikel (molekul/atom) reaktan. Kontak antar partikel yang bergerak cenderung melibatkan tumbukan antar partikel. Bagaimanakah hubungan antara tumbukan antar partikel reaktan dan konsentrasi terhadap laju reaksi? Apakah jumlah partikel dan jarak antar partikel berpengaruh terhadap laju reaksi?

Pada kajian sebelumnya kita telah membahas mengenai konsentrasi. Konsentrasi merupakan jumlah mol zat terlarut dalam satu liter larutan dan merupakan tingkat kepekatan zat terlarut dalam larutan tersebut. Besarnya konsentrasi suatu zat pereaksi yang berupa larutan berhubungan dengan

jumlah partikel zat tersebut. Semakin besar konsentrasi, maka jarak antar partikel zat terlarut semakin dekat (rapat). Hipotesis yang dapat dirumuskan dari pertanyaan di atas, yakni pengaruh konsentrasi terhadap laju reaksi berhubungan dengan tumbukan antar partikel reaktan. Adanya perubahan konsentrasi reaktan mengakibatkan jumlah partikel dan jarak antar partikel mempengaruhi frekuensi tumbukan antar partikel reaktan untuk menghasilkan reaksi.

Menindaklanjuti pertanyaan di atas, di bawah ini ditampilkan ilustrasi gambar suatu partikel zat pada konsentrasi rendah dan suatu partikel zat pada konsentrasi tinggi.



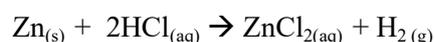
Gambar 18. (a) Suatu Partikel Zat pada Konsentrasi Rendah dan (b) Suatu Partikel Zat pada Konsentrasi Tinggi

Dari Gambar 18a merupakan suatu partikel zat pada konsentrasi rendah, sedangkan gambar b merupakan suatu partikel zat pada konsentrasi tinggi. Perbedaan yang dapat diamati dari kedua gambar (a dan b) tersebut adalah (1) suatu zat dengan konsentrasi tinggi memiliki jumlah partikel yang lebih banyak dibandingkan suatu zat dengan konsentrasi rendah, (2) suatu zat dengan konsentrasi tinggi memiliki jarak antar partikel yang lebih rapat dibandingkan suatu zat dengan konsentrasi rendah, dan (3) frekuensi terjadinya tumbukan dalam larutan suatu zat dengan konsentrasi tinggi lebih banyak dibandingkan dalam larutan suatu zat dengan konsentrasi yang lebih rendah.

Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa konsentrasi zat berhubungan dengan frekuensi tumbukan. Semakin tinggi konsentrasi suatu zat atau reaktan maka jumlah partikel dari reaktan tersebut akan semakin banyak. Jumlah partikel sebanding dengan kerapatan antar partikelnya, dimana semakin banyak jumlah partikel suatu reaktan maka jarak antar partikelnya akan semakin rapat. Partikel-partikel suatu reaktan tidaklah diam, melainkan selalu bergerak. Jumlah partikel yang semakin banyak dan jarak antar partikel yang semakin rapat mengakibatkan frekuensi (kemungkinan) terjadinya tumbukan semakin banyak. Frekuensi tumbukan merupakan banyaknya tumbukan yang terjadi dalam waktu tertentu. Apabila frekuensi tumbukan semakin banyak maka peluang terjadinya suatu reaksi akan semakin besar, sehingga laju reaksi juga akan semakin cepat.

2. Pengaruh Temperatur Ditinjau dari Teori Tumbukan

Fakta mengenai pengaruh temperatur atau suhu terhadap laju reaksi telah disajikan di depan melalui contoh reaksi:



Percobaan itu dilakukan sebanyak 5 kali. Masing-masing percobaan dilakukan pada temperatur 10 °C,

27 °C, 40°C, 50°C, dan 60 °C. Dari percobaan yang telah dilakukan diperoleh data sebagai berikut.

Tabel 20. Waktu Terbentuknya gas H₂

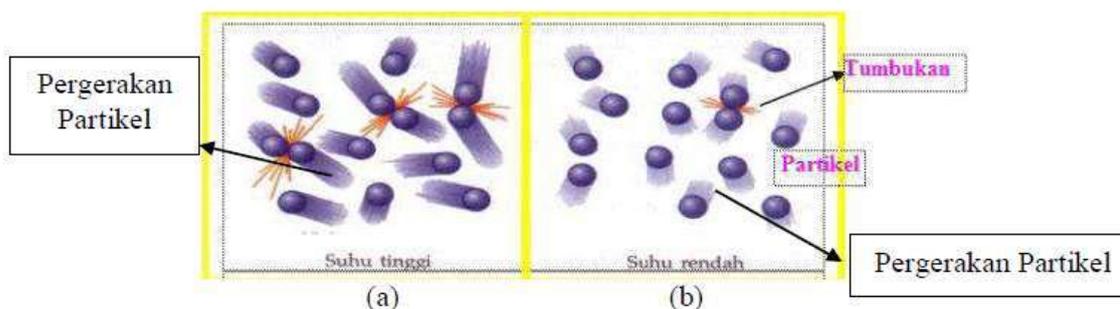
No	Temperatur (°C)	Waktu (s)	Laju Reaksi (s ⁻¹)
1	10°C	25,27	3,96 x 10 ⁻²
2	27°C	12,92	7,74 x 10 ⁻²
3	40°C	10,35	9,66 x 10 ⁻²
4	50°C	9,95	10,05 x 10 ⁻²
5	60°C	9,64	10.37 x 10 ⁻²

Berdasarkan data di atas, dapat dilihat bahwa laju reaksi paling besar terjadi pada percobaan 5, yakni dengan temperatur paling besar (60°C). Data di atas menunjukkan bahwa laju reaksi semakin besar seiring meningkatnya temperatur pereaksi. Dengan kata lain semakin tinggi temperatur zat pereaksi maka laju reaksi semakin cepat. Mengapa fakta tersebut dapat terjadi?

Seperti yang telah kita kaji pada sub pokok bahasan pengaruh konsentrasi terhadap laju reaksi berdasarkan teori tumbukan di atas, reaksi antara molekul-molekul HCl dengan atom-atom Zn (seng) membentuk pasangan-pasangan ion positif Zn²⁺ dan ion negatif Cl⁻ serta molekul-molekul unsur gas hidrogen selalu melibatkan kontak antar partikel (molekul) reaktan. Kontak antar partikel yang bergerak cenderung melibatkan tumbukan antar partikel. Fakta di atas telah menunjukkan bahwa peningkatan temperatur reaktan mempercepat laju reaksi. Bagaimanakah hubungan antara tumbukan antar partikel reaktan dan temperatur terhadap laju reaksi? Apakah kecepatan partikel dan energi kinetik partikel berpengaruh terhadap laju reaksi?

Partikel-partikel suatu reaktan tidaklah diam, melainkan selalu bergerak. Setiap partikel yang bergerak memiliki energi kinetik. Energi kinetik partikel-partikel yang bergerak tidak sama, ada yang besar dan ada yang kecil. Tingginya temperatur suatu zat akan berdampak pada pergerakan (kecepatan) partikel-partikel reaktan yang bertumbukan. Hipotesis yang dapat dirumuskan dari pertanyaan di atas, yakni pengaruh temperatur terhadap laju reaksi berhubungan dengan tumbukan antar partikel reaktan. Adanya perubahan temperatur mengakibatkan kecepatan partikel dan energi kinetik partikel-partikel yang bertumbukan mempengaruhi frekuensi tumbukan antar partikel reaktan untuk menghasilkan reaksi.

Menindaklanjuti pertanyaan di atas, di bawah ini ditampilkan ilustrasi gambar suatu partikel zat pada temperatur tinggi dan suatu partikel zat pada temperatur rendah.



Gambar 19. (a) Suatu Partikel Zat pada Temperatur Tinggi dan (b) Suatu Partikel Zat pada Temperatur Rendah

Dari Gambar 19 di atas, gambar a merupakan suatu partikel zat pada temperatur tinggi, sedangkan

gambar b merupakan suatu partikel zat pada temperatur rendah. Bayang-bayang biru pada gambar a dan b menunjukkan kecepatan partikel. Perbedaan yang dapat diamati dari kedua gambar (a dan b) tersebut adalah (1) suatu zat dengan temperatur tinggi memiliki pergerakan partikel yang lebih cepat dibandingkan suatu zat dengan temperatur rendah, dan (2) frekuensi (kemungkinan) terjadinya tumbukan pada suatu zat dengan temperatur tinggi lebih banyak dibandingkan pada suatu zat dengan temperatur rendah.

Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa temperatur zat berhubungan dengan tumbukan. Semakin tinggi temperatur suatu zat atau reaktan maka pergerakan partikel dari reaktan tersebut akan semakin cepat. Kecepatan partikel sebanding dengan energi kinetik partikel tersebut, dimana semakin cepat pergerakan partikel suatu reaktan maka energi kinetik partikelnya akan semakin besar. Pergerakan partikel yang semakin cepat dan energi kinetik partikel yang semakin besar mengakibatkan frekuensi terjadinya tumbukan semakin banyak. Frekuensi tumbukan merupakan banyaknya tumbukan yang terjadi dalam waktu tertentu. Apabila frekuensi tumbukan semakin banyak maka peluang terjadinya suatu reaksi akan semakin besar, sehingga laju reaksi juga akan semakin cepat.

3. Pengaruh Luas Permukaan Ditinjau dari Teori Tumbukan

Fakta pengaruh luas permukaan terhadap laju reaksi juga telah disajikan di depan melalui contoh reaksi:



Percobaan ini dilakukan sebanyak 2 kali. Percobaan pertama menggunakan besiberbentuk batangan (paku), sedangkan percobaan kedua menggunakan besiberbentuk serbuk (massa sama). Dari percobaan yang telah dilakukan diperoleh data sebagai berikut.

Tabel 21. Waktu Terbentuknya Gas H₂ dengan Volume tertentu (sama)

No	Bentuk Besi (0,5 gram)	Waktu (s)	Laju Reaksi (s ⁻¹)
1	Batangan (paku)	34	2,94 x 10 ⁻²
2	Serbuk	7	14,28 x 10 ⁻²

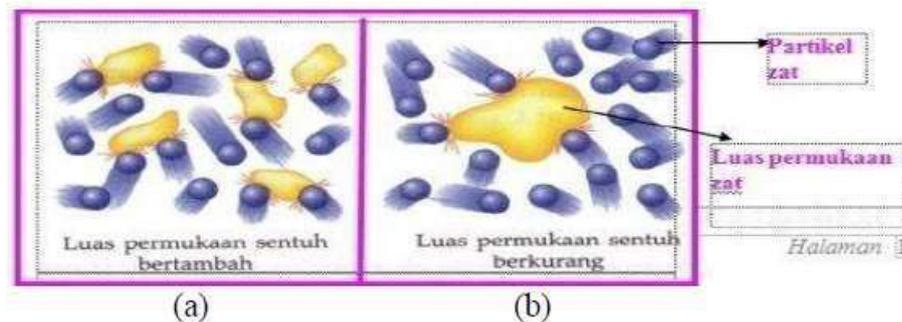
Data di atas memperlihatkan bahwa semakin kecil ukuran butiran suatu zat padat (misalnya serbuk) dengan massa yang sama memiliki luas permukaan sentuh semakin besar. Bentuk serbuk memiliki luas permukaan yang lebih besar dibandingkan bentuk batangannya (paku). Data di atas menunjukkan bahwa laju reaksi akan semakin besar seiring meningkatnya luas permukaan zat pereaksi. Dengan kata lain semakin besar luas permukaan zat pereaksi maka laju reaksi semakin cepat. Bagaimanakah fakta tersebut dapat dijelaskan?

Reaksi antara molekul-molekul HCl dengan atom-atom Fe (besi) membentuk pasangan-pasangan ion positif Fe²⁺ dan ion negatif Cl⁻ serta molekul-molekul unsur gas hidrogen pastilah melibatkan kontak atau tumbukan antar partikel (molekul) reaktan. Faktadi atas telah menunjukkan bahwa peningkatan luas permukaan reaktan mempercepat laju reaksi. Bagaimanakah hubungan antara tumbukan antar partikel reaktan dan luas permukaan terhadap laju reaksi?

Pada kajian sebelumnya kita telah membahas mengenai tumbukan, reaksi kimia terjadikarena adanya tumbukan efektif antar partikel reaktan. Terjadi tumbukan berarti adanya bidang yang bersentuhan (bidang sentuh). Hal ini erat kaitannya dengan luas permukaan bidang sentuh suatu zat

yang bereaksi. Luas permukaan bidang sentuh dalam reaksi kimia merupakan luas permukaan zat-zat pereaksi yang bersentuhan untuk menghasilkan reaksi. Hipotesis yang dapat dirumuskan dari pertanyaan di atas, yakni pengaruh luas permukaan terhadap laju reaksi berhubungan dengan tumbukan antar partikel reaktan. Adanya perubahan luas permukaan partikel-partikel reaktan yang bertumbukan mempengaruhi frekuensi tumbukan antar partikel reaktan, sehingga berdampak pada laju reaksinya.

Menindaklanjuti pertanyaan di atas, di bawah ini ditampilkan ilustrasi gambar suatu partikel zat dengan luas permukaan besar dan suatu partikel zat dengan luas permukaan kecil.



Gambar 20. (a) Suatu Partikel Zat dengan Luas Permukaan Besar dan (b) Suatu Partikel Zat dengan Luas Permukaan Kecil

Gambar 20a di atas menunjukkan suatu partikel zat dengan luas permukaan besar, sedangkan gambar b merupakan suatu partikel zat dengan luas permukaan kecil. Perbedaan yang dapat diamati dari kedua gambar (a dan b) tersebut adalah (1) suatu zat dengan luas permukaan besar memiliki luas permukaan bidang sentuh reaksi yang lebih besar dibandingkan suatu zat dengan luas permukaan kecil, dan (2) frekuensi (kemungkinan) terjadinya tumbukan pada suatu zat dengan luas permukaan besar lebih banyak dibandingkan pada suatu zat dengan luas permukaan kecil.

Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa luas permukaan zat padat berhubungan dengan tumbukan. Semakin besar luas permukaan suatu zat padat maka luas permukaan bidang sentuh reaksi zat tersebut juga akan semakin besar. Luas permukaan bidang sentuh reaksi yang semakin besar mengakibatkan frekuensi terjadinya tumbukan semakin banyak. Apabila frekuensi tumbukan semakin banyak maka peluang terjadinya suatu reaksi akan semakin besar, sehingga laju reaksi juga akan semakin cepat.

4. Pengaruh Katalis Terhadap Laju Reaksi

Fakta pengaruh katalis terhadap laju reaksi telah disajikan di depan melalui contoh reaksi:



Percobaan ini dilakukan sebanyak 2 kali. Percobaan pertama dengan penambahan MnO_2 , sedangkan percobaan kedua tanpa adanya penambahan MnO_2 . Dari percobaan yang telah dilakukan diperoleh data sebagai berikut.

Tabel 22. Gelembung Gas O_2 yang Terbentuk dalam Tertentu (sama)

No	Larutan	Pengamatan	Keterangan
1	$\text{H}_2\text{O}_2 + \text{MnO}_2$	banyak gelembung (cepat)	dengan penambahan MnO_2
2	H_2O_2	sedikit gelembung (lambat)	tanpa penambahan MnO_2

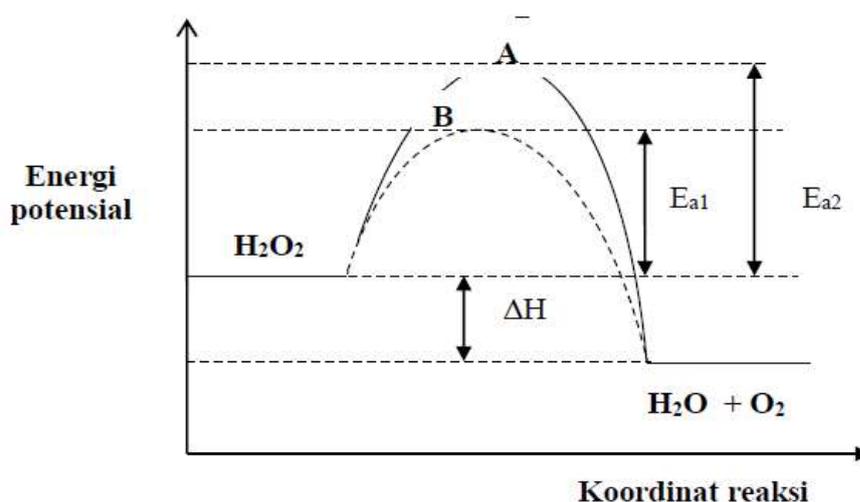
Berdasarkan data di atas, dapat dilihat bahwa laju reaksi paling besar terjadi pada percobaan 1, yakni

dengan adanya penambahan MnO_2 . MnO_2 ini berperan sebagai katalis. Data di atas menunjukkan bahwa laju reaksi akan semakin besar dengan adanya penambahan katalis. Bagaimanakah katalis mempengaruhi laju reaksi?

Seperti kajian sebelumnya, bahwa temperatur mempengaruhi kecepatan pergerakan molekul-molekul H_2O_2 . Setiap molekul H_2O_2 yang bergerak tentu memiliki energi kinetik. Agar terjadi suatu reaksi, maka molekul-molekul H_2O_2 yang bertumbukan harus memiliki energi kinetik yang cukup besar. Besar energi kinetik yang berhubungan dengan kecepatan molekul H_2O_2 yang bertumbukan tersebut, berperan dalam memutuskan energi ikatan untuk menghasilkan molekul produk H_2O dan O_2 . Energi minimal yang diperlukan untuk memecah molekul H_2O_2 ini dianggap sebagai energi aktivasi.

Peningkatan laju reaksi melalui meningkatkan temperatur sering tidak efektif untuk meningkatkan kecepatan partikel-partikel H_2O_2 yang bertumbukan, sehingga energi kinetik yang dimiliki oleh molekul-molekul H_2O_2 yang bertumbukan tersebut tetap kecil dan tidak mampu untuk melampaui energi aktivasi yang relatif besar. Akibatnya molekul produk H_2O dan O_2 sulit terbentuk. Saat inilah katalis digunakan dalam reaksi tersebut dan berperan dalam laju reaksi. Hipotesis yang dapat dirumuskan dari pertanyaan di atas, yakni adanya penambahan katalis mempengaruhi kemampuan energi kinetik partikel-partikel yang bertumbukan untuk melampaui energi aktivasi sehingga berdampak pada laju reaksinya

Reaksi dekomposisi (penguraian) H_2O_2 menghasilkan H_2O dan O_2 di atas, melibatkan tumbukan antar molekul H_2O_2 satu dengan yang lain. Molekul-molekul H_2O_2 yang bertumbukan harus memiliki energi kinetik yang mampu melampaui energi aktivasi untuk dapat menghasilkan molekul produk. Peningkatan kecepatan molekul-molekul H_2O_2 yang bertumbukan (peningkatan energi kinetik) melalui peningkatan temperatur kurang efektif dilakukan, sehingga dilakukan usaha lain yakni dengan penambahan katalis (MnO_2). Melalui perbandingan antara reaksi dengan menggunakan katalis MnO_2 dan reaksi tanpa menggunakan katalis MnO_2 didapatkan grafik energi aktivasi sebagai berikut.

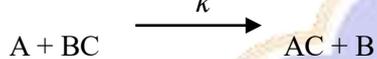


Gambar 21. Grafik Energi Aktivasi Reaksi dengan dan Tanpa Katalis: grafik A merupakan reaksi tanpa katalis (energi aktivasi tinggi) dan grafik B merupakan reaksi dengan katalis (energi aktivasi lebih rendah)

Grafik A menunjukkan reaksi tanpa adanya penambahan katalis. Hal tersebut dapat dilihat dari energi aktivasi yang ditunjukkan oleh grafik A lebih tinggi dibandingkan energi aktivasi dari grafik B. Tingginya energi aktivasi yang dimiliki oleh reaksi tanpa menggunakan katalis menyebabkan energi kinetik dari molekul-molekul yang bertumbukan kurang mampu untuk melampaui energi aktivasi, sehingga produk akan sulit terbentuk dan reaksi tanpa bantuan katalis akan berlangsung lebih lambat.

Grafik B menggambarkan reaksi yang dikatalisis. Hal tersebut dapat dilihat dari energi aktivasi yang ditunjukkan oleh grafik B lebih rendah dibandingkan energi aktivasi dari grafik A. Lebih rendahnya energi aktivasi yang dimiliki oleh reaksi dengan menggunakan katalis menyebabkan kemampuan energi kinetik untuk melampaui energi aktivasi lebih mudah, sehingga produk akan lebih mudah terbentuk dan reaksi dengan bantuan katalis akan berlangsung lebih cepat. Dengan kata lain, katalis akan mempercepat laju reaksi dengan cara menurunkan energi aktivasi.

Katalis mempercepat reaksi dengan menyediakan serangkaian tahapan elementer dengan kinetika yang lebih baik dibandingkan tanpa katalis. Misalnya, reaksi berikut memiliki konstanta k dan energi aktivasi E_a tertentu.



Namun demikian, dengan kehadiran katalis, konstanta lajunya adalah k_c (disebut konstanta laju katalitik).



Berdasarkan definisi katalis, laju ber katalis > Laju tak ber katalis

Grafik di atas menunjukkan profil energi potensial untuk kedua reaksi. Meskipun reaktan dan produknya sama dalam kedua kasus ini, mekanisme dan hukum lajunya berbeda untuk kedua bentuk grafik. Perhatikan, energi potensial reaktan dan produk tidak dipengaruhi oleh katalis. Satu-satunya yang dipengaruhi oleh katalis adalah energi aktivasi. Katalis mempercepat laju reaksi melalui pembentukan kompleks reaktan katalis dengan

energi aktivasi yang lebih rendah. Dalam suatu reaksi kimia, katalis ikut terlibat dalam reaksi, namun partikel katalis akan terbentuk kembali setelah produk terbentuk dan tidak mengalami penambahan atau pengurangan.

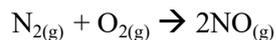
Berdasarkan uraian di atas, dapat disimpulkan bahwa katalis mempercepat laju reaksi dengan cara ikut terlibat membentuk kompleks teraktivasi yang memiliki energi aktivasi lebih rendah, namun di akhir reaksi akan terbentuk kembali. Untuk menurunkan energi aktivasi, katalis memberikan jalan alternatif terhadap zat reaktan agar reaksi dapat berlangsung. Katalis berperan mempengaruhi laju reaksi melalui adsorpsi (pada permukaan katalis heterogen) yang sering diikuti dengan pembentukan senyawa antara (zat intermediat dalam katalis homogen).

1. Katalis Heterogen

Katalis heterogen merupakan katalis yang memiliki fase berbeda dengan reaktan yang dikatalisis. Biasanya katalis berupa padatan dan reaktan berwujud gas atau cairan. Berbeda dengan katalis homogen, cara kerja katalis heterogen adalah melalui proses adsorpsi. Dalam hal ini, katalisator

berwujud padat yang mampu mengikat sejumlah gas atau cairan dari partikel zat reaktan pada permukaan katalisator. Misalnya, nikel atau platinum dalam bentuk bubuk halus mampu mengadsorpsi sejumlah besar aneka ragam gas. Gaya tarik menarik antara atom logam dengan molekul gas dapat memperlemah ikatan kovalen pada molekul gas, dan bahkan dapat memutuskan ikatan itu. Akibatnya, molekul gas yang teradsorpsi pada permukaan logam ini menjadi lebih reaktif daripada molekul gas yang tidak teradsorpsi.

Pada suhu tinggi di dalam mesin mobil yang sedang berjalan, gas nitrogen dan oksigen bereaksi membentuk nitrat oksida:



Ketika lepas ke atmosfer, NO segera bergabung membentuk NO₂. Nitrogen dioksida dan gas lain yang diemisikan oleh mobil, seperti karbonmonoksida (CO) dan berbagai hidrokarbon yang tidak terbakar menjadikan mobil sebagai sumber utama pencemar udara. Untuk mengantisipasi hal tersebut, dalam kendaraan bermotor dipasang katalis oksida logam transisi atau logam mulia (padatan), seperti Pt pada saluran pembuangan mesin (knalpot) yang akan dilewati oleh gas buang. Katalis ini dimanfaatkan untuk mengubah gas buangan kendaraan bermotor yang berbahaya, yaitu CO, NO, dan NO₂ menjadi CO₂ serta N₂ dan O₂ yang tidak berbahaya bagi lingkungan.

2. Katalis Homogen

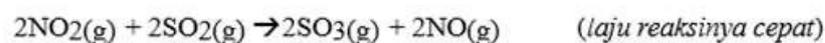
Katalis homogen adalah katalis yang mempunyai fase yang sama dengan reaktan yang dikatalisisnya, biasanya dalam fase cairan. Cara kerja katalis homogen dalam mempercepat laju reaksi adalah dengan membentuk zat antara. Misalnya reaksi A + B

□ AB terjadi dengan laju reaksi yang sangat lambat. Kehadiran katalis (C) dapat mempercepat laju reaksi dengan tahapan reaksi sebagai berikut.



AC merupakan zat antara (intermediat).

Contoh reaksi yang melibatkan senyawa antara adalah reaksi fase gas antara gas SO₂ dengan gas O₂ membentuk gas SO₃ dalam industri dengan menggunakan katalisator gas NO. Reaksi : $2\text{SO}_{2(g)} + \text{O}_{2(g)} \rightarrow 2\text{SO}_{3(g)}$ (laju reaksinya sangat lambat) Mekanisme reaksi dengan menggunakan katalisator gas NO:



E. Penerapan Laju Reaksi dalam Kehidupan Sehari-hari dan Industri

Proses kimia (reaksi kimia) yang terjadi di alam maupun yang dikembangkan di industri umumnya memiliki laju reaksi berbeda-beda. Sering kali laju reaksi ini tidak sesuai dengan keinginan manusia. Reaksi-reaksi yang bermanfaat dapat dipercepat untuk memberikan hasil yang diinginkan. Contoh, kayu bakar dipotong kecil-kecil sehingga lebih mudah terbakar. Proses pematangan buah dapat dipercepat dengan menambahkan karbit (CaC_2) yang menghasilkan gas asetilena yang dapat mematangkan buah. Proses memasak akan lebih cepat jika api dibesarkan. Sebaliknya, reaksi-reaksi yang merugikan diupayakan untuk diperlambat. Contoh, reaksi perkaratan dan pembusukan makanan. Reaksi perkaratan dapat dihambat dengan cara pengecatan. Sementara itu, reaksi pembusukan makanan dapat diperlambat dengan menyimpan makanan dalam keadaan dingin. Apakah contoh fakta-fakta tersebut dapat dijelaskan melalui analisis faktor atau suasana yang mempengaruhi laju reaksi? Hipotesis yang dapat dirumuskan berdasarkan pertanyaan tersebut, yakni faktor-faktor yang mempengaruhi suatu laju reaksi dapat diungkap melalui analisis suasana atau kondisi terjadinya reaksi tersebut seperti luas permukaan, temperatur, konsentrasi, atau adanya kehadiran katalis. Contoh penerapan faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi dalam kehidupan sehari-hari dan industri sebagai berikut.

1. Penerapan Pengaruh Konsentrasi terhadap Laju Reaksi

Tukang sate menggunakan kipas angin ketika memanggang sate sehingga mempercepat proses pembakaran. Agar pembakaran terjadi diperlukan adanya gas oksigen. Ketika kipas angin berputar, sejumlah gas oksigen terus ditambahkan ke dalam pembakaran atau dengan kata lain konsentrasi gas oksigen bertambah sehingga laju reaksi (pembakaran) semakin cepat.

Paku besi yang didiamkan di tempat yang lembab akan lebih cepat berkarat daripada di tempat yang kering. Peristiwa pengkaratan ini (korosi) akan terjadi apabila besi (logam) bereaksi dengan oksigen. Pada tempat yang lembab (berair), terdapat oksigen dan uap air yang lebih banyak dibandingkan pada tempat kering. Ketika paku besi didiamkan di tempat yang lembab, maka permukaan paku besi akan mengalami kontak langsung dan bereaksi dengan oksigen yang berasal dari air di sekelilingnya, sehingga proses perkaratan pada permukaan besi terjadi lebih cepat. Lain halnya jika paku besi didiamkan pada tempat yang kering, maka permukaan paku besi hanya mengalami kontak dan bereaksi dengan oksigen yang berasal dari udara dengan kadar oksigen yang rendah, sehingga proses perkaratan pada permukaan besi cenderung lebih lambat.

2. Penerapan Pengaruh Luas Permukaan Bidang Sentuh terhadap Laju Reaksi

Dalam sistem pencernaan, makanan lebih dulu dikunyah dengan tujuan untuk menghancurkannya secara fisik sehingga sari makanan lebih mudah diuraikan secara kimia. Setelah makanan dikunyah menjadi bentuk yang lebih kecil, maka luas permukaan makanan tersebut akan bertambah besar. Apabila luas permukaan zat (sari makanan) besar, maka akan semakin mudah untuk diuraikan secara kimia, sehingga reaksi penguraian sari makanan akan semakin cepat.

Penduduk yang menggunakan kayu sebagai bahan bakar untuk memasak, tidak menggunakan kayu gelondongan melainkan kayu yang telah dipecah terlebih dahulu supaya mudah terbakar. Kayu yang telah dipecah memiliki luas permukaan bidang sentuh yang lebih besar dibandingkan dengan

kayu yang dibiarkan dalam bentuk gelondongan, sehingga pembakaran kayu yang telah dipecah lebih cepat dibandingkan dengan kayu dalam bentuk gelondongan.

3. Penerapan Pengaruh Temperatur terhadap Laju Reaksi

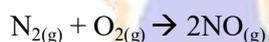
Daging yang disimpan dalam lemari pendingin lebih tahan lama daripada dibiarkan di tempat terbuka. Lemari pendingin memiliki temperatur yang lebih rendah dibandingkan dengan tempat terbuka yang cenderung memiliki temperatur lebih panas (besar). Pada lemari pendingin, laju reaksi pembusukan daging berlangsung lebih lambat karena adanya temperatur yang rendah menyebabkan reaksi pembusukan oleh bakteri berlangsung lambat. Lain halnya daripada tempat terbuka yang cenderung memiliki temperatur yang lebih besar menyebabkan pembusukan daging oleh bakteri berlangsung lebih cepat.

4. Penerapan Pengaruh Katalis terhadap Laju Reaksi

Katalis berperan dalam proses pencernaan, misalnya enzim amilase yang terdapat di dalam air ludah (air liur). Enzim ini berperan memecah amilosa dalam pati menjadi molekul- molekul yang lebih sederhana (oligosakarida). Dengan bantuan enzim amilase pada ludah, karbohidrat yang ada pada makanan dapat dicerna dengan lebih cepat.

Penambahan ragi pada proses pembuatan tape singkong. Ragi merupakan sumber penting penyedia enzim (biokatalis) yang dapat membantu mempercepat proses fermentasi pada pembuatan tape singkong.

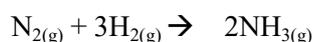
Logam platina berperan sebagai katalis heterogen yang dimanfaatkan untuk mengubah gas buangan kendaraan bermotor yang berbahaya, yaitu NO dan CO menjadi N₂, O₂, dan CO₂ yang tidak berbahaya bagi lingkungan sehingga dapat mengurangi pencemaran udara. Pada suhu tinggi di dalam mesin kendaraan bermotor yang sedang berjalan, gas nitrogen dan oksigen bereaksi membentuk nitrat oksida:



Ketika lepas ke atmosfer, NO segera bergabung membentuk NO₂. Nitrogen dioksida dan gas lain yang diemisikan oleh kendaraan bermotor, seperti karbon monoksida (CO) dan berbagai hidrokarbon yang tidak terbakar menjadikan kendaraan bermotor sebagai sumber utama pencemar udara. Untuk mengantisipasi hal tersebut, dalam kendaraan bermotor dipasang katalis oksida logam transisi atau logam mulia, seperti platina pada saluran pembuangan mesin (knalpot) yang akan dilewati oleh gas buang. Katalis ini dimanfaatkan untuk

mengubah gas buangan kendaraan bermotor yang berbahaya, yaitu CO, NO, dan NO₂ menjadi CO₂ serta N₂ dan O₂ yang tidak berbahaya bagi lingkungan.

Pada industri pembuatan amoniak, sintesis amoniak diperoleh dari gas N₂ dan H₂ dengan reaksi sebagai berikut.



Pada suhu kamar, reaksi berjalan lambat. Untuk mempercepat laju reaksi, ke dalam zat pereaksi ditambahkan katalis. Katalis yang digunakan adalah logam besi yang merupakan katalis heterogen. Katalis dapat dicampur dengan aluminium oksida dan kalium oksida.

Cara-Cara Pengaturan dan Penyimpanan Bahan

Mengingat bahwa sering terjadi kebakaran, ledakan, atau bocornya bahan-bahan kimia beracun dalam laboratorium, maka dalam penyimpanan bahan-bahan kimia perlu diperhatikan faktor-faktor, yaitu:

- Interaksi bahan kimia dengan wadahnya., bahan kimia dapat berinteraksi dengan wadahnya dan dapat mengakibatkan kebocoran.
- Kemungkinan interaksi antar bahan dapat menimbulkan ledakan, kebakaran, atau timbulnya gas beracun

Dengan mempertimbangkan faktor-faktor di atas, beberapa syarat penyimpanan bahan secara singkat adalah sebagai berikut:

1. Bahan beracun

Banyak bahan-bahan kimia yang beracun. Paling keras dan sering dijumpai dilaboratorium sekolah antara lain: sublimat (HgCl_2), persenyawaan sianida, arsen, gas karbon monoksida (CO) dari aliran gas. Syarat penyimpanan:

- ✓ ruangan dingin dan berventilasi
- ✓ jauh dari bahaya kebakaran
- ✓ dipisahkan dari bahan-bahan yang mungkin bereaksi
- ✓ kran dari saluran gas harus tetap dalam keadaan tertutup rapat jika tidak sedang dipergunakan
- ✓ disediakan alat pelindung diri, pakaian kerja, masker, dan sarung tangan

2. Bahan korosif

Contoh bahan korosif, misalnya asam-asam, anhidrida asam, dan alkali. Bahan ini dapat merusak wadah dan bereaksi dengan zat-zat beracun. Syarat penyimpanan:

- ✓ ruangan dingin dan berventilasi
- ✓ wadah tertutup dan beretiket
- ✓ dipisahkan dari zat-zat beracun.

3. Bahan mudah terbakar

Banyak bahan-bahan kimia yang dapat terbakar sendiri, terbakar jika kena udara, kenabenda panas, kena api, atau jika bercampur dengan bahan kimia lain. Fosfor (P) putih, fosfin (PH_3), alkil logam, boran (BH_3) misalnya akan terbakar sendiri jika kena udara. Pipa air, tabung gelas yang panas akan menyalakan karbon disulfida (CS_2). Bunga api dapat menyalakan bermacam-macam gas. Dari segi mudahnya terbakar, cairan organik dapat dibagi menjadi 3 golongan:

- a. Cairan yang terbakar di bawah temperatur -4°C , misalnya karbon disulfida (CS_2), eter ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OC}_2\text{H}_5$), benzena (C_6H_6), aseton (CH_3COCH_3).
- b. Cairan yang dapat terbakar pada temperatur antara -4°C - 21°C , misalnya etanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$), methanol (CH_3OH).
- c. Cairan yang dapat terbakar pada temperatur 21°C - $93,5^\circ\text{C}$, misalnya kerosin (minyak lampu), terpenin, naftalena, minyak baker.

Syarat penyimpanan:

- ✓ temperatur dingin dan berventilasi
- ✓ jauhkan dari sumber api atau panas, terutama loncatan api listrik dan bara rokok
- ✓ tersedia alat pemadam kebakaran

4. Bahan mudah meledak

Contoh bahan kimia mudah meledak antara lain: ammonium nitrat, nitrogliserin, TNT.

Syarat penyimpanan:

- ✓ ruangan dingin dan berventilasi
- ✓ jauhkan dari panas dan api
- ✓ hindarkan dari gesekan atau tumbukan mekanis

Banyak reaksi eksoterm antara gas-gas dan serbuk zat-zat padat yang dapat meledak dengan dahsyat. Kecepatan reaksi zat-zat seperti ini sangat tergantung pada komposisi dan bentuk dari campurannya. Kombinasi zat-zat yang sering meledak di laboratorium pada waktu melakukan percobaan misalnya:

- natrium (Na) atau kalium (K) dengan air
- ammonium nitrat (NH_4NO_3), serbuk seng (Zn) dengan air
- kalium nitrat (KNO_3) dengan natrium asetat (CH_3COONa)
- nitrat dengan eter
- peroksida dengan magnesium (Mg), seng (Zn) atau aluminium (Al)
- klorat dengan asam sulfat
- asam nitrat (HNO_3) dengan seng (Zn), magnesium atau logam lain
- halogen dengan amoniak
- merkuri oksida (HgO) dengan sulfur (S)
- Fosfor (P) dengan asam nitrat (HNO_3), suatu nitrat atau klorat

5. Bahan Oksidator

Contoh: perklorat, permanganat, peroksida organik

Syarat penyimpanan:

- ✓ temperatur ruangan dingin dan berventilasi
- ✓ jauhkan dari sumber api dan panas, termasuk loncatan api listrik dan bara rokok
- ✓ jauhkan dari bahan-bahan cairan mudah terbakar atau reduktor

6. Bahan reaktif terhadap air

Contoh: natrium, hidrida, karbit, nitrida.

Syarat penyimpanan:

- ✓ temperatur ruangan dingin, kering, dan berventilasi
- ✓ jauh dari sumber nyala api atau panas
- ✓ bangunan kedap air
- ✓ disediakan pemadam kebakaran tanpa air (CO_2 , *dry powder*)

7. Bahan reaktif terhadap asam

Zat-zat tersebut kebanyakan dengan asam menghasilkan gas yang mudah terbakar atau beracun, contoh: natrium, hidrida, sianida.

Syarat penyimpanan:

- ✓ ruangan dingin dan berventilasi
- ✓ jauhkan dari sumber api, panas, dan asam
- ✓ ruangan penyimpan perlu didesain agar tidak memungkinkan terbentuk kantong-kantong hidrogen
- ✓ disediakan alat pelindung diri seperti kaca mata, sarung tangan, pakaian kerja

8. Gas bertekanan

Contoh: gas N_2 , asetilen, H_2 , dan Cl_2 dalam tabung silinder.

Syarat penyimpanan:

- ✓ disimpan dalam keadaan tegak berdiri dan terikat
- ✓ ruangan dingin dan tidak terkena langsung sinar matahari
- ✓ jauh dari api dan panas
- ✓ jauh dari bahan korosif yang dapat merusak kran dan katub-katub

D) Strategi Pembelajaran

Pendekatan	: Saintifik-Induktif
Model Pembelajaran	: Problem Based Learning
Metode	: Eksperimen, diskusi, tanya jawab, dan pemberian informasi
Teknik	: Eksperimen-diskusi kelompok kecil-diskusi kelas

E. Media Pembelajaran dan Sumber Belajar

1. Alat/Media Pembelajaran
 - Lembar Kerja Siswa (LKS)
 - Teks materi ajar
2. Sumber Pembelajaran
 - Chang, R. (2010). *Chemistry tenth edition*. United State: Mc Graw Hill Higher Education. Buku-buku materi pelajarankimia sesuai K-13.

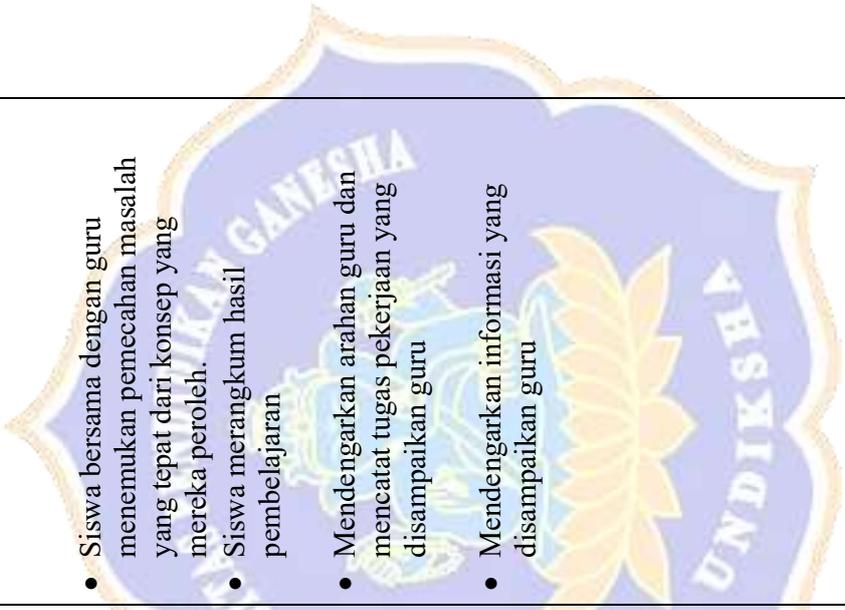
PERTEMUAN KE-2

indikator	Fase dalam Model	Deskripsi Pembelajaran		Asesmen		
		Kegiatan Guru	Kegiatan Siswa	Target	Bentuk & Instrumen	Prosedur
		<p>Kegiatan Awal (10 Menit)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mengecek kehadiran siswa (presensi) • Mengajak siswa untuk berdoa sebelum belajar <p>Apersepsi:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pada pertemuan sebelumnya kalian telah belajar tentang laju reaksi. Coba jelaskan kembali apa yang kalian ketahui tentang laju reaksi! • “Hal tersebut menunjukkan bahwa reaksi yang sama dapat berlangsung dengan laju yang berbeda. Apa sajakah yang dapat mempengaruhi laju suatu reaksi ?” <p>Motivasi:</p> <ul style="list-style-type: none"> • “<i>Dalam kehidupan kita sehari-hari tidak terlepas dari makanan. Kita selalu berusaha</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Mengkonfirmasi kehadiran siswa untuk berdoa sebelum belajar • Siswa diharapkan menjawab bahwa laju reaksi merupakan perubahan konsentrasi reaktan atau produk tiap satuan waktu • Siswa diharapkan menjawab bahwa laju suatu reaksi dapat dipengaruhi oleh temperatur, luas permukaan, konsentrasi dan katalis. • Siswa diharapkan menjawab <i>bahwa lemari es memiliki suhu rendah yang dapat menghambat pembusukan makanan.</i> 	<p>Kognitif (C4 & C5)</p> <p>Materi : Menyimpulkan Pengaruh temperatur, luas permukaan, konsentrasi, dan katalis terhadap laju reaksi.</p> <p>Menentukan cara-cara penyimpanan alat dan bahan kimia yang</p>	<p>Tes Pilihan (PG) no. 6,7,8,9,10,15,16,19,20</p> <ul style="list-style-type: none"> • Uraian (U) No. 2 dan No.4 	<p>Awal pertemuan ke 2 sampai pertemuan ke 3</p>
	Apersepsi					
	Fasa 1. Orientasi Siswa Terhadap Masalah					

		<p><i>membuat persediaan makanan yang cukup agar bisa kita konsumsi dalam jangka waktu yang lama. Usaha yang bisa kita lakukan yaitu mengawetkan makanan yang disimpan. Pernahkah anda berpikir dengan menyimpan kelemari es?"</i></p> <p>Memberikan acuan belajar</p> <ul style="list-style-type: none"> • Menyampaikan kompetensi/tujuan pembelajaran yang akan dicapai, garis besar materi dan kegiatan belajar untuk mencapainya, serta sistem penilaian belajar. <p><u>Keterangan :</u> LKS P2 tentang faktor-faktor yang mempengaruhi laju suatu reaksi</p> <p>Kegiatan Inti (70 menit) Mengamati (Observing)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mengorientasikan siswa belajar serta membagikan LKS P2 yang berisi kegiatan 1 tentang faktor-faktor laju reaksi. • Menugaskan siswa mengamati dan mencermati fenomena yang disajikan melalui teks pengantar LKPD P2 • Guru menugaskan siswa mencari masalah-masalah yang muncul dari teks materi pengantar yang telah diberikan pada LKS P2. 	<ul style="list-style-type: none"> • Siswa diharapkan mencoba menjawab pertanyaan guru melalui pengetahuan awal yang mereka miliki <ul style="list-style-type: none"> • Siswa memperhatikan dan mencermati acuan pembelajaran 	<p>baik dan benar</p>	<p>Selama Proses Pembelajaran</p>
	<p>Fasa 2 :Mengorgani-sasi siswa untuk belajar</p>		<ul style="list-style-type: none"> • membentuk kelompok belajar yang beranggota 4-5 orang serta mendapatkan LKS P2 dari guru • siswa mengamati dan mencermati fenomena yang disajikan di teks pengantar • Siswa mulai mengamati masalah-masalah yang muncul 	<p>Afektif :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sikap menyadari kebesaran Tuhan • Sikap mengakui kebesaran Tuhan • Sikap ingin tahu/antusias se dan disiplin • Sikap 	<p>Selama Proses Pembelajaran</p> <p>Kinerja :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rubrik sikapno.12 • Rubrik Sikapno.13 • Rubrik sikapno.1

	<p>Fase 3: Membimbing penyelidikan individu maupun kelas</p>	<p>Menanya (Questioning)</p> <ul style="list-style-type: none"> Membatasi siswa untuk memunculkan batasan masalah dari fenomena yang telah diamati berdasarkan teks materi pengantar LKS P2 Menugaskan siswa membuat pertanyaan dari masalah investigasi yang sudah dibatasi dari fenomena yang terdapat pada teks pengantar Menugaskan siswa membuat hipotesis berdasarkan fenomena-fenomena (percobaan)/informasi yang sudah mereka ketahui dimana terdapat dalam teks pengantar LKS P2 <p>Mengumpulkan data (Experimenting)</p> <ul style="list-style-type: none"> Mencari informasi sebanyak mungkin melalui buku pelajaran, teks materi, LKS dll. Setiap kelompok melakukan percobaan (menentukan alat dan bahan, variabel percobaan dan prosedur kerja) Memfasilitasi kelompok siswa dalam melakukan percobaan pada kegiatan 1 LKS P2. Menegaskan agar siswa melakukan pengamatan dengan cermat dan mencatat data hasil 	<ul style="list-style-type: none"> Siswa memahami masalah-masalah dimana pertanyaan yang akan dimunculkan masih berkaitan dengan fenomena pengantar di LKS P2 Siswa membuat rumusan masalah dari fenomena investigasi yang diperoleh dari teks materi pengantar pada LKS P2. Membuat hipotesis berdasarkan fenomena LKS P1 melalui bimbingan guru Merancang percobaan pada kegiatan 1 secara kelompok melalui bimbingan dari guru. Melakukan percobaan kepada setiap kelompok untuk menguji hipotesis Melakukan pengamatan dan mencatat data hasil percobaan pada kegiatan 1 	<p>jujur/obyektif dan terbuka</p> <ul style="list-style-type: none"> Sikap komunikatif dan demokrasi Sikap kerjasama dan toleran <p>Keterampilan Konkrit : Menggunakan alat, melakukan observasi secara kualitatif (gelembung-gelembung gas) dan kuantitatif (waktu).</p>	<ul style="list-style-type: none"> Rubrik sikapno.2 Rubrik sikapno.6 Rubrik sikapno.8 Kinerja (butir-butir rubrik penilaian keterampilan dalam P2, melakukan pengamatan, menggunakan alat dan bahan). 	
--	---	--	--	---	---	--

	<p>Fase 4: Mengembangkan dan menyajikan hasil karya</p>	<p>percobaan (mengisi hasil pengamatan pada kegiatan 1 LKS P2)</p> <p><u>Mengasosiasi (Associating)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Meminta siswa menganalisis data</i> hasil kegiatan 1 pada LKS P2. • Menegaskan siswa menjawab setiap pertanyaan yang ada dalam kegiatan 1 (teks materi) pada LKS P2 dengan teliti. • Guru membimbing siswa seperlunya dalam menemukan konsep dari materi yang dipelajari melalui kegiatan penyelidikan yang telah dirancang setiap kelompok. <p><u>Mengkomunikasikan (Communicating)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Guru mengarahkan siswa menyusun laporan dari hasil pemecahan masalah yang mereka temukan dari setiap masalah-masalah yang muncul • Meminta dan memfasilitasi kegiatan presentasi masing-masing kelompok siswa untuk menyampaikan pemecahan masalah dari konsep-konsep yang diperoleh, kemudian ditanggapi kelompok lain 	<ul style="list-style-type: none"> • Siswa menganalisis data terkait hasil percobaan yang diperoleh pada kegiatan 1 melalui diskusi kelompok • Melalui diskusi kelompok, siswa menjawab pertanyaan yang ada pada masing-masing kegiatan • Siswa bersama kelompoknya saling bertukar pikiran, berdiskusi, mengklarifikasi dan mempersatukan ide serta pendapat. • Siswa bersama kelompok membuat laporan untuk dipresentasikan dari hasil pemecahan masalah yang sudah ditemukan • Salah satu kelompok mempresentasikan hasil diskusi kelompoknya, kelompok yang lainnya sebagai penyangga untuk mengajukan pertanyaan serta mendengarkan dengan bijak 	<ul style="list-style-type: none"> • Keterampilan Abstrak: berkomunikasi • berkomunikasi • asi: 	<p>Kinerja (butir-butir rubrik penilaian dalam P2): Berkomunikasi</p>	<p>Selama Proses Pembelajaran</p>
--	---	--	--	--	---	-----------------------------------

		<ul style="list-style-type: none"> Guru meminta siswa untuk menyimpulkan konsep terkait materi yang dipelajari berdasarkan temuan pada kegiatan sebelumnya (knowledge abstraction) <p>Kegiatan Penutup (10 Menit)</p> <ul style="list-style-type: none"> Guru membimbing siswa menemukan pemecahan masalah yang tepat dari konsep yang dimiliki siswa Mengajak siswa untuk bersama-sama merangkum hasil pembelajaran Mengarahkan siswa untuk menerapkan konsep-konsep pada masalah baru dalam bentuk pekerjaan rumah (pengayaan) dalam LKS Menyampaikan rancangan pembelajaran pada pertemuan berikutnya 	<ul style="list-style-type: none"> Siswa mulai menyimpulkan pemecahan masalah dari diskusi kelompok 			
<p>Fase 5: Menganalisis dan mengevaluasi proses pemecahan masalah</p>	<ul style="list-style-type: none"> Siswa bersama dengan guru menemukan pemecahan masalah yang tepat dari konsep yang mereka peroleh. Siswa merangkum hasil pembelajaran Mendengarkan arahan guru dan mencatat tugas pekerjaan yang disampaikan guru Mendengarkan informasi yang disampaikan guru 					

(Sumber : Sudria, 2015)

PERTEMUAN KE-3

indikator	Fase dalam Model	Deskripsi Pembelajaran		Asesmen	Prosedur	
		Kegiatan Guru	Kegiatan Siswa			Target	Bentuk & Instrumen
	Apersepsi	<p>Kegiatan Awal (10 Menit)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mengecek kehadiran siswa (presensi) • Mengajak siswa untuk berdoa sebelum belajar <p>• Apersepsi:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pada pertemuan sebelumnya kalian telah belajar tentang laju reaksi. Coba jelaskan kembali apa yang kalian ketahui tentang laju reaksi! • “Hal tersebut menunjukkan bahwa reaksi yang sama dapat berlangsung dengan laju yang berbeda. Apa sajakah yang dapat mempengaruhi laju suatu reaksi ?” . <p>• Motivasi:</p> <ul style="list-style-type: none"> • “Fakta pada pembahasan sebelumnya telah menunjukkan bahwa kenaikan kenaikan temperatur mempercepat laju reaksi. Demikian juga makin besar konsentrasi reaktan, semakin cepat reaksi tersebut. Namun peningkatan laju reaksi 	<ul style="list-style-type: none"> • Mengkonfirmasi kehadiran siswa untuk berdoa sebelum belajar • Siswa diharapkan menjawab bahwa laju reaksi merupakan perubahan konsentrasi reaktan atau produk tiap satuan waktu • Siswa diharapkan menjawab bahwa laju suatu reaksi dapat dipengaruhi oleh temperatur, luas permukaan, konsentrasi dan katalis. • Siswa diharapkan menjawab bahwa tumbukan partikel <i>reaktan</i> mempengaruhi laju reaksi yang secara khusus dipengaruhi posisi tumbukan dan kecepatan partikel yang bertumbukan. 	<p>Kognitif (C2, C4 & C5)</p> <p>Materi : Hubungan faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi berdasarkan teori tumbukan, tumbukan efektif dan tumbukan tidak efektif dan definisi teori tumbukan</p>	<p>Tes</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pilihan Ganda (PG) no. 11, 12, 13, 14, 15, 17 • Uraian (U) No. 3 	

	<p><i>tidak selalu linier melainkan ada juga yang berbentuk kurva. Bagaimana hubungan antara tumbukan atau partikel reaktan dengan faktor-faktor yang memengaruhi laju reaksi ? apakah posisi tumbukan antar partikel dan kecepatan partikel reaktan berpengaruh terhadap laju reaksi ?”</i></p> <p>Memberikan acuan belajar</p> <ul style="list-style-type: none"> • Menyampaikan kompetensi/tujuan pembelajaran yang akan dicapai, garis besar materi dan kegiatan belajar untuk mencapainya, serta sistem penilaian belajar. <p><u>Keterangan :</u> LKS P3 tentang faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi berdasarkan teori tumbukan.</p> <p>Kegiatan Inti (70 menit) Mengamati (Observing)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mengorientasikan siswa belajar serta membagikan LKS P2 yang berisi kegiatan 1 tentang faktor-faktor laju reaksi • Menugaskan siswa mengamati dan mencermati fenomena yang disajikan melalui teks pengantar pada LKS P2 <p>Fasa 2 :Mengorganisasi siswa untuk belajar</p>	 <ul style="list-style-type: none"> • Siswa memperhatikan dan mencermati acuan pembelajaran • membentuk kelompok belajar yang beranggota 4-5 orang serta mendapatkan LKS P2 dari guru • siswa mengamati dan mencermati fenomena yang disajikan di teks pengantar 	<p>Afektif :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sikap kreatif dan inovatif • Sikap komunikasi dan demokrasi 	<p>Kinerja :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rubrik sikap no.5 • Rubrik sikap no.6 	<p>Awal dan akhir proses selama proses pembelajaran</p>
--	--	--	--	--	---

	<ul style="list-style-type: none"> Guru menugaskan siswa mencari masalah-masalah yang muncul dari teks materi pengantar yang telah diberikan pada LKS P2. 	<p>Menanya (Questioning)</p> <ul style="list-style-type: none"> Membatasi siswa untuk memunculkan batasan masalah dari fenomena yang telah diamati berdasarkan teks materi pengantar LKS P3 Menugaskan siswa merumuskan masalah investigasi tentang fenomena yang terdapat pada teks pengantar Menugaskan siswa membuat hipotesis berdasarkan fenomena-fenomena (percobaan)/informasi yang sudah mereka ketahui dimana terdapat dalam teks pengantar LKS P3 	<ul style="list-style-type: none"> Siswa mulai mengamati masalah-masalah yang muncul Siswa memahami masalah-masalah dimana pertanyaan yang akan dimunculkan masih berkaitan dengan fenomena pengantar di LKS P3 Siswa membuat rumusan masalah dari fenomena investigasi yang diperoleh dari teks materi pengantar pada LKS P3. Membuat hipotesis berdasarkan fenomena LKS P3 melalui bimbingan guru 	<ul style="list-style-type: none"> Sikap kerjasama dan toleran. Sikap santun dan cinta damai Sikap responsif dan bijaksana. 	<ul style="list-style-type: none"> Rubrik sikap no.8 Rubrik sikap no.9 Rubrik sikap no.10
<p>Fase 3: Membimbing penyelidikan individu maupun kelas</p>	<p>Mengumpulkan data (Experimenting)</p> <ul style="list-style-type: none"> Mencari informasi sebanyak mungkin melalui buku pelajaran, teks materi, LKS dll. setiap kelompok melakukan percobaan (menentukan alat dan bahan, variabel percobaan dan prosedur kerja) 		<ul style="list-style-type: none"> Merancang percobaan pada kegiatan 1 secara kelompok melalui bimbingan dari guru. Melakukan percobaan kepada setiap kelompok untuk menguji hipotesis 		

	<p>Fase 4: Mengembangkan dan menyajikan hasil karya</p>	<ul style="list-style-type: none"> Menfasilitasi kelompok siswa dalam melakukan percobaan pada kegiatan 1 LKS P3. Menegaskan agar siswa melakukan pengamatan dengan cermat dan mencatat data hasil percobaan (mengisi hasil pengamatan pada kegiatan 1 LKS P3) <p><u>Mengasosiasi (Associating)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Meminta siswa menganalisis data hasil kegiatan 1 pada LKS P3. Menegaskan siswa menjawab setiap pertanyaan yang ada dalam kegiatan 1 (teks materi) pada LKS P3 dengan teliti. Guru membimbing siswa seperlunya dalam menemukan konsep dari materi yang dipelajari melalui kegiatan penyelidikan yang telah dirancang setiap kelompok. <p><u>Mengkomunikasikan (Communicating)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Guru mengarahkan siswa menyusun laporan dari hasil pemecahan masalah yang mereka temukan dari setiap masalah-masalah yang muncul Meminta dan memfasilitasi kegiatan presentasi masing-masing kelompok siswa untuk 	<ul style="list-style-type: none"> Melakukan pengamatan dan mencatat data hasil percobaan pada kegiatan 1 <ul style="list-style-type: none"> Siswa menganalisis data terkait hasil percobaan yang diperoleh pada kegiatan 1 melalui diskusi kelompok Melalui diskusi kelompok, siswa menjawab pertanyaan yang ada pada masing-masing kegiatan Siswa bersama kelompoknya saling bertukar pikiran, berdiskusi, mengklarifikasi dan mempersatukan ide serta pendapat. Siswa bersama kelompok membuat laporan untuk dipresentasikan dari hasil pemecahan masalah yang sudah ditemukan Salah satu kelompok mempresentasikan hasil diskusi kelompoknya, kelompok yang lainnya sebagai penyangga untuk 	<ul style="list-style-type: none"> Keterampilan Abstrak: berkomunikasi: 	<p>Kinerja (butir-butir rubrik penilaian dalam P2): Berkomunikasi</p>	<p>Selama Proses Pembelajaran</p>
--	--	---	---	--	---	-----------------------------------

	<p>Fase 5: Menganalisis dan mengevaluasi proses pemecahan masalah</p>	<p>menyampaikan pemecahan masalah dari konsep-konsep yang diperoleh, kemudian ditanggapi kelompok lain</p> <ul style="list-style-type: none"> Guru meminta siswa untuk menyimpulkan konsep terkait materi yang dipelajari berdasarkan temuan pada kegiatan sebelumnya (<i>knowledge abstraction</i>) <p>Kegiatan Penutup (10 Menit)</p> <ul style="list-style-type: none"> Guru membimbing siswa menemukan pemecahan masalah yang tepat dari konsep yang dimiliki siswa Mengajak siswa untuk bersama-sama merangkum hasil pembelajaran Mengarahkan siswa untuk menerapkan konsep-konsep pada masalah baru dalam bentuk pekerjaan rumah (pengayaan) dalam LKS Menyampaikan rancangan pembelajaran pada pertemuan berikutnya 	<p>mengajukan pertanyaan serta mendengarkannya dengan bijak</p> <ul style="list-style-type: none"> Siswa mulai menyimpulkan pemecahan masalah dari diskusi kelompok 			
--	--	--	--	--	--	--

(Sumber : Sudria, 2015)

RENCANA PELAKSANAAN PEMBELAJARAN

UNIT 3

A. Identitas

Satuan Pendidikan	: SMA
Mata Pelajaran	: Kimia
Kelas/Semester	: XI IPA/ 1
Alokasi Waktu	: 2 x 45 menit
Topik	: Laju Reaksi
Sub-Topik	: Orde Reaksi & Hukum Laju Reaksi

B. Tujuan Pembelajaran

1. Siswa menyadari dan mengakui keberadaan orde reaksi dan hukum laju sebagai wujud kebesaran Tuhan Yang Maha Esa
2. Siswa menunjukkan rasa ingin tahu/antusiasme dan disiplin melalui percobaan.
3. Siswa menunjukkan perilaku objektif (jujur dan terbuka) melalui penyajian data hasil percobaan.
4. Siswa menunjukkan perilaku ulet dan teliti melalui pengolahan dan analisis data.
5. Siswa bersikap kritis melalui ketepatan dalam pemecahan masalah.
6. Siswa mampu bertanggung jawab melalui pelaksanaan kegiatan selama pembelajaran.
7. Siswa merumuskan hubungan kuantitatif konsentrasi suatu reaktan terhadap lajureaksi dalam bentuk orde reaksi terhadap reaktan.
8. Merumuskan hubungan kuantitatif konsentrasi suatu reaktan terhadap laju reaksi dalam bentuk hukum laju reaksi.
9. Siswa mampu menentukan orde reaksi suatu reaktan berdasarkan fakta yang terjadi
10. Siswa mampu merancang, melakukan, dan menyimpulkan serta menyajikan hasil percobaan tentang hubungan kuantitatif konsentrasi suatu reaktan terhadap laju reaksi dalam bentuk orde reaksi dan hukum laju reaksi.

Kompetensi Dasar dan Indikator

KD dari KI 1 :

- 1.1 Menyadari adanya keteraturan dari sifat hidrokarbon, termokimia, laju reaksi, kesetimbangan kimia, larutan dan koloid sebagai wujud kebesaran Tuhan YME dan pengetahuan tentang adanya keteraturan tersebut sebagai hasil pemikiran kreatif manusia yang kebenarannya bersifat tentatif.

KD dari KI 2 :

- 2.1 Menunjukkan perilaku ilmiah (memiliki rasa ingin tahu, disiplin, jujur, objektif, terbuka, mampu membedakan fakta dan opini, ulet, teliti, bertanggung jawab, kritis, kreatif, inovatif, demokratis, komunikatif) dalam merancang dan melakukan percobaan serta berdiskusi yang diwujudkan dalam sikap sehari-hari.

Indikator :

- 2.1.1 Menunjukkan rasa ingin tahu/antusiasme dan disiplin.
- 2.1.2 Menunjukkan perilaku objektif (jujur dan terbuka).

- 2.1.3 Menunjukkan perilaku ulet dan teliti.
- 2.1.4 Bersikap kritis.
- 2.1.7 Bertanggung jawab.
- 2.2 Menunjukkan perilaku kerjasama, santun, toleran, cinta damai dan peduli lingkungan serta hemat dalam memanfaatkan sumber daya alam.
- 2.3 Menunjukkan perilaku responsif dan pro-aktif serta bijaksana sebagai wujud kemampuan memecahkan masalah dan membuat keputusan.

KD dari KI 3

- 3.7 Menentukan orde reaksi dan tetapan laju reaksi berdasarkan data hasil percobaan

Indikator :

- 3.7.1 Merumuskan hubungan kuantitatif konsentrasi suatu reaktan terhadap laju reaksi dalam bentuk orde reaksi terhadap reaktan
- 3.7.2 Merumuskan hubungan kuantitatif konsentrasi suatu reaktan terhadap laju reaksi dalam bentuk hukum laju reaksi
- 3.7.3 Mampu menentukan orde reaksi suatu reaktan berdasarkan fakta yang terjadi

KD dari KI 4

- 4.7 Merancang, melakukan, dan menyimpulkan serta menyajikan hasil percobaan faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi dan orde reaksi

Indikator :

- 4.7.5 Mampu merancang, melakukan, dan menyimpulkan serta menyajikan hasil percobaan tentang hubungan kuantitatif konsentrasi suatu reaktan terhadap laju reaksi dalam bentuk orde reaksi dan hukum laju reaksi

C. Materi Pokok

Konsep yang akan di bangun

Ordo reaksi	Tingkat pengaruh secara eksponensial (bilangan pangkat) dari konsentrasi zat-zat reaktan terhadap laju reaksi
Hukum Laju Reaksi	Menunjukkan pengaruh konsentrasi zat-zat reaktan secara matematis terhadap laju reaksi yang sebanding dengan orde total reaksi tersebut.

D. Uraian Materi

“Materi tentang orde reaksi telah dijelaskan secara detail pada unit 3 tautan presentasi video dalam LKPD PBL, tersisip di urutan lampiran dokumen akhir skripsi. Agar tidak terjadi pengulangan penulisan atau kehadiran data ganda (data yang sama) maka uraian materi tidak terlampir di RPP unit 3 ini”.

E. Strategi Pembelajaran

Pendekatan: Saintifik-Induktif

Model Pembelajaran: Problem Based Learning

Metode: Eksperimen, Diskusi, Tanya Jawab, dan Pemberian Informasi

Teknik: Eksperimen-diskusi kelompok kecil-diskusi kelas

F. Media Pembelajaran dan Sumber Belajar

1. Alat/Media Pembelajaran

- Lembar Kerja Peserta Didik
- Teks Materi

2. Sumber Pembelajaran

Chang, R. (2010). *Chemistry tenth edition*. United State: Mc Graw Hill Higher Education. Buku-buku materi pelajaran kimia sesuai K-13



Indikator	Deskripsi Pembelajaran		Asesmen			
	Fase dalam Model	Kegiatan Guru	Kegiatan Siswa	Target		
		<p>Kegiatan Awal (10 Menit)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mengecek kehadiran siswa (presensi) • Mengajak siswa untuk berdoa sebelum belajar <p>• Apersepsi:</p> <ul style="list-style-type: none"> • “Pada materi sebelumnya <i>fakta membuktikan bahwa kenaikan suhu, luas permukaan, suhu yang tinggi mempengaruhi jumlah tumbukan yang terjadi pada partikel mempercepat suatu laju reaksi. Coba jelaskan kembali temuan anda tentang sub pokok bahasan tersebut!</i>” <p>• Motivasi: “Hubungan antara peningkatan kosentrasi suatu reaktan terhadap kenaikan laju reaksi yang telah anda dapatkan tersebut, ada yang linear dan ada juga kurva. Bagaimana variasi hubungan kuantitatif antara peningkatan kosentrasi terhadap kenaikan laju reaksi tersebut (variasi jenis grafik) dapat terjadi ?”</p> <p>Memberikan acuan belajar</p> <ul style="list-style-type: none"> • Menyampaikan kompetensi/tujuan pembelajaran yang akan dicapai, garis besar 	<ul style="list-style-type: none"> • Mengkonfirmasi kehadiran • Mengajak siswa untuk berdoa sebelum belajar • Siswa fokus mendengarkan apersepsi yang disampaikan oleh guru dan diharapkan menjawab pertanyaan yang diajukan guru • Siswa diharapkan menjawab bahwa <i>adanya variasi (kurva dan linier) hubungan kuantitatif antara peningkatan kosentrasi terhadap kenaikan laju reaksi tersebut dapat dipengaruhi oleh tingkat orde terhadap kosentrasi suatu reaktan yang terlibat dalam reaksi tersebut.</i> • Siswa memperhatikan dan mencermati acuan pembelajaran 	<p>Kognitif (C2, C3, C5) Materi : Penentuan orde reaksi hukum laju reaksi dan harga konstanta laju dengan bantuan persamaan matematika (metode grafik dan komparasi)</p>	<p>Selama proses pembelajaran</p>	
				<p>Soal : Pilihan Ganda (PG) No.22,23,24,dan 25</p> <p>Uraian (U) : No.5</p>		

	<p>materi dan kegiatan belajar untuk mencapainya, serta sistem penilaian belajar.</p> <p><u>Keterangan :</u> LKS P4 tentang pengertian dan penentuan laju reaksi, yakni terdiri dari: - Kegiatan 1 (orde reaksi dan hukum aju reaksi)</p>	<p>membentuk kelompok belajar yang beranggota 4-5 orang serta mendapatkan LKS P1 dari guru</p> <p>siswa mengamati dan mencermati fenomena (pengantar) yang disajikan di teks pengantar</p> <p>Siswa mulai mengamati masalah-masalah yang muncul</p> <p>Siswa memahami masalah-masalah dimana pertanyaan yang akan dimunculkan masih berkaitan dengan fenomena pengantar di LKS P4.</p> <p>siswa membuat rumusan masalah</p>	<p>Afektif :</p> <ul style="list-style-type: none"> Sikap ulet dan teliti Sikap kritis Sikap tanggung jawab Sikap proaktif dan bijaksana 	<p>Kinerja</p> <ul style="list-style-type: none"> Rubrik Sikap no.3 (lanjutan) Rubrik sikap no.4 (lanjutan) Rubrik sikap no.7 (lanjutan) Rubrik sikap no.11 	<p>Selama Proses pembelajaran</p>
<p>Fasa 2 : Mengorganisasi siswa untuk belajar</p>	<p>Kegiatan Inti (70 menit) Mengamati (Observing)</p> <ul style="list-style-type: none"> Mengorganisasikan siswa belajar serta membagikan LKS P4 yang berisi kegiatan 1 tentang pengertian orde reaksi dan hukum laju reaksi. Menugaskan siswa mengamati dan mencermati fenomena yang disajikan melalui teks pengantar pada LKS P4 Guru menugaskan siswa mencari masalah-masalah yang muncul dari teks materi pengantar yang telah diberikan pada LKS P4. <p>Menanya (Questioning)</p> <ul style="list-style-type: none"> Membatasi siswa untuk memunculkan masalah dari fenomena yang telah diamati berdasarkan teks materi pengantar LKS P4 Menugaskan siswa merumuskan 	<p>membentuk kelompok belajar yang beranggota 4-5 orang serta mendapatkan LKS P1 dari guru</p> <p>siswa mengamati dan mencermati fenomena (pengantar) yang disajikan di teks pengantar</p> <p>Siswa mulai mengamati masalah-masalah yang muncul</p> <p>Siswa memahami masalah-masalah dimana pertanyaan yang akan dimunculkan masih berkaitan dengan fenomena pengantar di LKS P4.</p> <p>siswa membuat rumusan masalah</p>	<p>Afektif :</p> <ul style="list-style-type: none"> Sikap ulet dan teliti Sikap kritis Sikap tanggung jawab Sikap proaktif dan bijaksana 	<p>Kinerja</p> <ul style="list-style-type: none"> Rubrik Sikap no.3 (lanjutan) Rubrik sikap no.4 (lanjutan) Rubrik sikap no.7 (lanjutan) Rubrik sikap no.11 	<p>Selama Proses pembelajaran</p>

	<p>masalah investigasi tentang fenomena yang terdapat pada teks pengantar</p> <ul style="list-style-type: none"> • Menugaskan siswa membuat hipotesis berdasarkan fenomena-fenomena (percobaan) yang terdapat dalam teks pengantar LKS P4 	<p>dari fenomena investigasi yang diperoleh dari teks materi pengantar pada LKS P1.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Membuat hipotesis berdasarkan fenomena LKS P1 melalui bimbingan guru 	<p>Psikomotor:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Keterampilan menggunakan alat (alat ukur volum & menghisap/memindah kan larutan dengan pipet). • Keterampilan melakukan observasi secara kuantitatif 	<p>Kinerja : Rubrik keterampilan proses sains : P3</p>	<p>Selama proses pembelajaran</p>
<p>Fase 3: Membimbing penyelidikan individu maupun kelas</p>	<p><u>Mengumpulkan data (Experimenting)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Membimbing siswa dalam penyelidikan konsep-konsep dari berbagai sumber untuk menentukan kebenaran hipotesis yang sudah ditentukan • Membimbing siswa untuk menentukan rancangan percobaan baik variabel percobaan, alat, bahan dan prosedur kerja akan akan mereka lakukan untuk membuktikan setiap hipotesis yang sudah mereka tentukan. • Memfasilitasi kelompok siswa dalam melakukan percobaan pada kegiatan 1 LKS P4. • Menegaskan agar siswa melakukan pengamatan dengan cermat dan mencatat data hasil percobaan (mengisi hasil pengamatan pada kegiatan 1 LKS P1) 	<p>Mencarai informasi dari berbagai sumber</p> <ul style="list-style-type: none"> • Merancang percobaan pada kegiatan 1 secara kelompok melalui bimbingan dari guru. • Melakukan percobaan pada kelompok untuk menguji hipotesis • Melakukan pengamatan dan mencatat data hasil percobaan pada kegiatan 1 			

	<p>Fase 4: Menganalisis dan menyajikan hasil karya</p>	<p><u>Mengasosiasi (Associating)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Meminta siswa menganalisis data hasil percobaan praktikum pada LKS P4 dan melakukan pembuktian lebih akurat dalam sebuah grafik. • Menegaskan siswa menjawab setiap pertanyaan yang ada dalam kegiatan 1 (teks materi) pada LKS P4 dengan teliti. • Guru membimbing siswa seperlunya dalam menemukan konsep dari materi yang dipelajari melalui kegiatan penyelidikan yang telah dirancang setiap kelompok. <p><u>Mengkomunikasikan (Communicating)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Mengarahkan siswa untuk membuat laporan pemecahan masalah yang sudah mereka temukan alternatif solusinya dan dirangkum dalam bentuk laporan sebelum dipersentasikan ke setiap kelompok yang sudah ditentukan • Meminta dan memfasilitasi kegiatan presentasi masing-masing kelompok siswa untuk menyampaikan laporan hasil pemecahan masalah dari konsep-konsep yang diperoleh, kemudian ditanggapi kelompok 	<ul style="list-style-type: none"> • Siswa menganalisis data terkait hasil percobaan yang diperoleh pada kegiatan 1 melalui diskusi kelompok • Melalui diskusi kelompok, siswa menjawab pertanyaan yang ada pada masing-masing kegiatan • Siswa bersama kelompoknya saling bertukar pikiran, berdiskusi, mengklarifikasi dan mempersatukan ide serta pendapat. • Siswa membuat laporan pemecahan dari setiap masalah-masalah yang sudah mereka temukan dari konsep-konsep ilmu yang sudah mereka pelajari sebelumnya. • Salah satu kelompok mempresentasikan hasil diskusi kelompoknya, kelompok yang lainnya sebagai penyangga untuk mengajukan pertanyaan serta mendengarkan dengan bijak 	<ul style="list-style-type: none"> • Keterampilan Abstrak: berkomunikasi 	<p>Kinerja (butir-butir rubrik penilaian dalam P2): Berkomunikasi</p>	<p>Selama Proses pembelajaran</p>
--	---	--	--	---	---	-----------------------------------

	<p>Fase 5: Menganalisis dan mengevaluasi proses pemecahan masalah</p>	<p>lain</p> <ul style="list-style-type: none"> Guru meminta siswa untuk menyimpulkan konsep terkait materi yang dipelajari berdasarkan temuan pada kegiatan sebelumnya (<i>knowledge abstraction</i>) <p>Kegiatan Penutup (10 Menit)</p> <ul style="list-style-type: none"> Guru membimbing siswa menemukan pemecahan masalah yang tepat dari konsep yang dimiliki siswa Mengajak siswa untuk bersama-sama merangkum hasil pembelajaran dari semua laporan pemecahan masalah yang sudah disampaikan siswa Mengarahkan siswa untuk menerapkan konsep pemecahan masalah yang sudah dianalisis. mempembelajari materi pada pertemuan berikutnya. 	<ul style="list-style-type: none"> Siswa mulai menyimpulkan pemecahan masalah dari diskusi kelompok Siswa bersama dengan guru menemukan pemecahan masalah yang tepat dari konsep yang mereka peroleh. Siswa merangkum hasil pembelajaran Mendengarkan informasi yang disampaikan guru 			
--	--	---	---	--	--	--

(sumber : Sudria, 2015)

Lampiran 02

Tabel Rancangan Pembuktian Hipotesis (Klaim Konsepsi Ilmiah)

No. KI	Laju Reaksi						Melalui 5M	Siklus 5M, minggu ke-... dengan alokasi waktu (AW) ... JP
	Sosialisasi program kuliah KD II							
1	<p>Hipotesis</p> <p>Expressi laju reaksi (induktif): (a). Induktif: “laju reaksi didefinisikan sebagai pengurangan molaritas suatu reaktan atau penambahan molaritas suatu reaktan (VT) per satuan waktu untuk reaksi tersebut (VB)” (b). Deduktif: “(deduktif): “pengurangan molaritas suatu reaktan atau penambahan molaritas suatu reaktan (VB) per satuan waktu untuk reaksi</p>	VB (variabel bebas = sebab)	VT (v. terikat = akibat)	Prasyarat	VK (variabel kontrol)	Kegiatan & informasi tambahan		
		Waktu reaksi berlangsung (misalnya setiap 5 detik)	Reaktan (misal padatan Mg)				Produk (misal gas H ₂)	
	$0,5 \text{ gr Mg}_{(s)} + 2\text{HCl}_{(aq)} \rightarrow 0,2 \text{ M MgCl}_{2(aq)} + \text{H}_{2(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)}$	Reaksi Kimia	Perubahan molaritas spesi dalam suatu reaksi (biasanya yang mudah diukur dan yang lain bisa dikonversi secara stoikiometri)	• Penyetaraan reaksi	• Reaksi masih berlangsung dengan interval waktu berkala	5M induktif siklus LR-I: <ul style="list-style-type: none"> • merancang eksperimen penentuan laju reaksi • data primer (atau data dari animasi kegiatan pengukuran LR) 	Siklus LR-1, mgu IV <ul style="list-style-type: none"> • 2 JP (240 mnt ket-ja lab) • 220 menit tugas terstruktur & mandiri) 	
		0	Reaktan (misal padatan Mg)	Produk (misal gas H ₂)				
		5	Pengurangan molaritas	Penambahan molaritas				
		10	Laju reaksi (mol/lt)	Laju reaksi (mol/lt)				
		15						
		20						
		25						
		30						
		35						
		40						
		45						
		50						
		55						

No	Hipotesis	Reaksi kimia	Detik ke ...	[Spesi muda h teruku r]	VB		VT	VK (varia- bel kontrol)	Prasyarat	Kegiatan & informasi tambahan	
					Kurva [...] terhadap lama waktu reaksi (detik)	Detik ke- ...					
3	LR sesaat (a). Induktif: "laju reaksi sesaat (biasanya dengan mengukur kuantitas spesi zat dalam reaksi yang mudah diukur) di suatu waktu dari suatu reaksi kimia diperoleh dengan memperkecil interval waktu pengamatan mendekat nol yang berupa kemiringan garis singgung kurva peruban konsentrasi suatu spesi reaksi itu di titik waktu tertentu umumnya semakin mengecil untuk laju-laju sesaat berikutnya selama reaksi berlangsung (VB)" (b). Deduktif: "dengan	$0,5 \text{ gr Mg}^{(s)} + 2\text{HCl}^{(aq)} 0,2 \text{ M} \rightarrow \text{MgCl}_2^{(aq)} + \text{H}_2^{(g)} + \text{H}_2\text{O}^{(l)}$	0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60		Kurva [...] terhadap lama waktu reaksi (detik)	LR sesat = kemi- ringan kurva di t	reaksi masih berlang sung dengan interval maktu berkela njutan keadaan standar	Perhitun- gan laju reaksi sesaat dari data kurva [...] terhadap waktu	Menggunaka- n data sekun- der Data laju sesaat lebih teliti digunakan untuk menentukan ordo reaksi dibanding dengan laju reaksi rata- rata.	Masuk siklus LR-1 (tugas terstruktur & mandi-ri)	

No	Faktor-faktor mempengaruhi LR (a). Induktif: reaksi semakin cepat dengan semakin besarnya konsentrasi, suhu, luas dan permukaan reaksi, kehadiran katalis (b) Deduktif: “semakin besar konsentrasi, suhu,	Reaksi kimia	VB					VT		Laju reaksi (>/<) atau perbedaan relatifnya (1/t)	Laju reaksi ~ 1/t	Siklus LR-2
			[reaktan 1]	[reaktan lain]	Suhu reaksi (>/<)	Luas permukaan (>/<)	Kehadiran katalis	Volume total larutan sama				
4	<p>memperkecil interval waktu pengamatan mendekat nol di sekitar titik-titik waktu tertentu dalam kurva mendapatkan laju-laju reaksi sesaat sebagai kemiringan kurva umumnya semakin kecil di titik-titik waktu itu berikutnya selama reaksi tersebut. (VB)</p>	<p>Larutan dengan total volume campuran reaksi 30 mL :</p> <p>I: $\text{H}_2\text{O}_{2(l)} + 2\text{KI}_{(aq)} + 2\text{HCl}_{(aq)} \rightarrow \text{I}_{2(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{2(l)} + \text{KCl}_{(aq)}$</p> <p>II: $\text{I}_2 + 0.05 \text{ mmol Na}_2\text{SO}_{3(aq)}$</p>	<p>10 mL H_2O_2 dengan total volume campuran reaksi 30 mL = 0,10 M</p> <p>10 mL H_2O_2 dengan total volume campuran reaksi 30 mL = 0,0833 M</p>	<p>Mengandung 0.067 M KI, 0,167 M HCl, dan 0.5 mmol $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$</p>	<p>27°C</p>	<p>sama</p>	<p>Tanpa katalis</p>	<p>Laju reaksi (>/<) atau perbedaan relatifnya (1/t)</p>	<p>• Laju reaksi ~ 1/t</p> <p>• Untuk pengaruh konsentrasi bisa menggunakan data eksperimen untuk hipotesis nomor 5 berikutnya (untuk <i>dapping saving</i>)</p>	<p>• Siklus LR-2</p>		

No	Hipotesis	Reaksi		VB		Tumbukan		VT	VK (varia- arat	Kegiatan & informasi
		Reaksi	Reaksi	Reaksi	Reaksi	Reaksi				
	<p>konsentrasi semua reaktan berpangkat ordo reasi reaktan masing-masing dari reaksi tersebut (ordo reaksi terhadap masing-masing reaktan dicari seperti hipoteis nomor 5), sehingga $r = k [O_2]^x [NO]^y$</p> <p>(b) Deduktif: “perkalian konsentrasi semua reaktan berpangkat ordo reasi reaktan masing-masing dari reaksi tersebut berbanding lurus dengan laju reaksi tersebut, sehingga $r = k [O_2]^x [NO]^y$</p>	0,40 M	0,10 M	10 ⁻³	1 atm standar					
		0,50 M	0,10 M	19,20 x 10 ⁻³						
		0,20 M	0,20 M	30,00 x 10 ⁻³						
		0,20 M	0,30 M	9,60 x 10 ⁻³						
		0,20 M	0,40 M	14,40 x 10 ⁻³						
		0,20 M	0,50 M	19,20 x 10 ⁻³						
				24,00 x 10 ⁻³						

	kimia	Posisi (orientasi)	Suhu atau (>Ea atau <Ea)	(terjadi/ tidak)	bel kontrol	tamba-han	
7	<p>Teori tumbukan</p> <p>(a). Induktif: "reaksi kimia terjadi karena tumbukan antar partikel-zat-zat yang bereaksi memiliki orientasi (posisi) tumbukan tepat dan energi aktivasi (kecepatan/energi partikel-partikel reaktan) > Ea</p> <p>(b) Deduktif: "tumbukan partikel-partikel reaktan dengan posisi (orientasi) yang tepat dan energinya (kecepatan partikel-partikelnya) melebihi energi</p>	<p>$\text{NO}_{(g)} + \text{O}_{3(g)} \rightarrow \text{NO}_{2(g)}$</p>	<p><Ea</p> <p>>Ea</p> <p>>Ea</p>	<p>tidak</p> <p>tidak</p> <p>terjadi</p>			<ul style="list-style-type: none"> • Siklus LR-2

No	aktivasi menghasilkan reaksi kimia”	Laju reaksi di sekitar atau teknologi	VB					VT		Prasyarat	Kegiatan & informasi tambahan	Siklus LR-2
			[salah satu reaktan] relatif (> / <)	Suhu reaksi relatif (> / <)	Luas permukaan (> / <)	Kehadiran katalis	Laju reaksi (> / <) atau perbedaan relatifnya (1/t)	VK (variabel kontrol)				
8	<p>Hipotesis</p> <p>Faktor-faktor laju reaksi</p> <p>(a). Induktif: “laju reaksi semakin cepat dengan semakin besarnya konsentrasi, suhu, dan luas permukaan raktan reaksi, serta kehadiran katalis</p> <p>(b)Deduktif: “semakin besar konsentrasi, suhu, dan luas permukaan reaktan serta dengan kehadiran katalis menyebabkan laju reaksi semakin</p>	Pemecahan kayu bakar	-	sama	<	Tanpa	<	• Volume total larutan sama	<ul style="list-style-type: none"> Laju reaksi $\sim 1/t$ Untuk pengaruh-hi konsent-rasi bisa menggunakan data eksperimen untuk hipotesis nomor 5 berikutnya (untuk dapat <i>saving</i> alokasi waktu eksperimen) 	• Siklus LR-2		
			-	>	>	Tanpa	>					
			-	>	>	tanpa						
				<								
			<	sama								
			>		sama		Tanpa					
			>	>								

Lampiran 03a

Hasil Analisis Kebutuhan Lapangan

Studi Dokumen RPP

Sekolah: SMA N 2 Singaraja

Rencana pelaksanaan Pembelajaran yang digunakan guru kimia di beberapa sekolah di Singaraja dibuat dalam bentuk format RPP darurat situasi pandemi dan beberapa lainnya dibuat dengan format RPP lengkap seperti pembelajaran biasa. Semua RPP telah memuat identitas, tujuan pembelajaran dan deskripsi keterangan topik belajar. Tidak semua RPP berisikan uraian materi dan juga metode dan model pembelajaran yang digunakan. Dalam komponen kegiatan belajar terdapat RPP yang hanya memuat deskripsi pembelajaran (kegiatan guru dan siswa) saja namun tidak mencantumkan waktu dan sumber belajar yang digunakan. Berdasarkan hasil temuan tersebut maka kekurangan yang terdapat pada RPP guru disekolah diantaranya adalah kurang lengkapnya komponen dalam RPP seperti model dan metode pembelajaran yang digunakan guru, alokasi waktu dan sumber belajar dalam setiap kegiatan pembelajaran di kelas.

Studi Dokumen Lembar Kerja Peserta Didik

Sekolah : SMA N di Singaraja

Dokumen Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) yang di dapat sebagai berikut.

Selanjutnya dilakukan analisis terhadap bahan ajar yang digunakan guru kimia di SMA N Singaraja yakni Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD). Guru yang mengajar dikelas XI membuat sendiri LKPD untuk memfasilitasi pembelajaran topik laju reaksi. LKPD yang dirancang telah mengakomodasi tahapan pendekatan saintifik 5M namun kurang lengkap khususnya di fase mengumpulkan data dan mengasosiasi. Lembar kerja juga tidak dilengkapi uraian materi. Belum terintegrasi sintak model pembelajaran tertentu, khususnya model PBL yang merupakan salah satu model yang mendukung optimalnya pembelajaran dengan pendekatan saintifik. Kekurangan LKPD ini belum konsisten mengadopsi suatu model pembelajaran tertentu, pembatasan disetiap tahapan 5M dalam lembar kerja, belum difasilitasi video eksperimen, video data sekunder di setiap tahap, dan tidak menyertakan teks materi sebagai bahan mengkonfirmasi kebenaran sebab akibat (pembuktian hipotesis) yang dibuat oleh siswa.

Hasil Wawancara Guru terkait Media yang Digunakan

Sekolah:

Hasil wawancara yang telah dilakukan sebagai berikut

Berdasarkan hasil wawancara terhadap guru kimia terkait penggunaan media pembelajaran diperoleh beberapa poin yakni. Guru menggunakan media *power point* yang dirancang sendiri dan video pembelajaran yang bersumber dari internet seperti platform *youtube*. Uraian materi dan soal-soal topik laju reaksi merupakan sajian yang terdapat dalam *power point* yang

diberikan saat pembelajaran berlangsung. Tautan Potongan video seperti video eksperimen selanjutnya diberikan atau diteruskan kepada siswa untuk dicermati guna menjawab lembar kerja yang diberikan saat pembelajaran. Jika tagihan soal-soal dalam lembar kerja dan power point tidak dapat diselesaikan oleh siswa pada saat jam pembelajaran. Sinergitas antara media, sumber, serta perangkat pembelajaran sangat penting guna mencapai tujuan pembelajaran. Berdasarkan hasil wawancara akan media yang digunakan oleh guru, menurut peneliti ada indikasi ketidaksuaian jika tidak dilakukan analisis dengan baik terhadap potongan video yang bersumber dari *internet* terhadap media yang dirancang sendiri, bahan ajar, dan RPP yang digunakan.

Hasil Pencarian dan analisis Kehadiran Video Pembuktian eksperimen Hipotesis yang bersinergi dengan perangkat pembelajaran.

Chanel youtube

Umum : Michael Kavanagh, ETDtogo, Elmoaser Books, FlinnScientific, The A Plus Squad

Kimia : Gen Chem Lab at SMU, Pdst Chemistry, Chem is Try

Sejumlah *chanel youtube* menyajikan eksperimen pada topik laju reaksi, seperti eksperimen pengukuran gas dan eksperimen faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi baik lokal (video *chanel* Indonesia) maupun video dari *chanel* luar Indonesia. Beberapa video eksperimen misalnya faktor luas permukaan <https://youtu.be/BWN8xVuzuFI> , sajiannya berupa data kualitatif saja ketika menyajikan tiga reaksi di wadah berbeda. Wadah 1 reaksi antara serbuk CaCO_3 dengan larutan HCl , wadah 2 berupa kepingan CaCO_3 direaksikan dengan larutan HCl dan wadah 3 mereaksikan bongkahan CaCO_3 dengan larutan HCl . Konsentrasi HCl dari masing-masing reaksi dibuat sama. Hasil percobaan menunjukkan bahwa reaksi antara serbuk CaCO_3 dan larutan HCl di wadah satu lebih dulu memberikan efek buih dan keruh disebabkan kehadiran gas CO_2 dibandingkan reaksi pada kedua wadah lain. Persoalannya bagaimana jika ingin mengukur seberapa besar konsentrasi gas CO_2 yang dihasilkan atau bagaimana cara mengukur konsentrasi HCl sebagai reaktan dalam interval waktu (misalnya 5 detik) yang semakin berkurang selama reaksi berlangsung ?. Tentunya sajian data dari video eksperimen tersebut sulit dibuktikan secara konkrit karena pencatatan data yang hanya bersifat kualitatif saja dengan tidak memprioritaskan data kuantitatif atau tematik yang bisa dikomperasikan dengan pengetahuan stoikiometri. Video yang peneliti rancang menggunakan bahan yang sama dengan segmen video di atas, namun peralatan serta cara kerjanya yang berbeda. Hasil eksperimen yang berupa rincian pencatatan data serta diekspresikan ke dalam bentuk kurva mampu mengungkap data kuantitatif konsentrasi reaktan dan produk dengan perhitungan secara stoikiometri.

Contoh lain yakni video pengaruh konsentrasi yang juga datanya bisa digunakan untuk ordo. Sajian video <https://youtu.be/F7bSuerz6W4> menginformasikan eksperimen dengan mereaksikan beberapa reaktan yang diukur waktu reaksinya. Pemberhentian waktu dilakukan ketika campuran yang mulanya bening berubah warna menjadi biru keunguan kemudian menghitam dari 5 kali percobaan. Persoalannya menurut peneliti terletak pada saat pemberhentian waktu yang tidak dilakukan secara detail, karena interval perubahan waktu pada

campuran yang berkonsentrasi rendah dengan konsentrasi tinggi berbeda. Semakin tinggi konsentrasi campuran interval warna biru keunguan yang muncul pertama kali sebelum menjadi kehitaman semakin pendek. Jika pemberhentian waktu tidak konsisten pada warna biru (biru keunguan yang tidak terlalu pekat) di masing-masing percobaan maka akan mempengaruhi pengolahan data hasil yang di ekspresikan ke dalam bentuk kurva. Video yang peneliti rancang mereaksikan beberapa larutan yang prinsipnya hampir sama dengan video ordo tersebut namun perbedaanya, video yang dirancang dilakukan zoom in pada objek sehingga terlihat lebih jelas lalu memparalelnya dengan putaran waktu digital (*stopwatch*). Dengan ini pemberhentian waktu lebih konsisten disetiap percobaan.

Berdasarkan temuan yang telah disampaikan video pembuktian hipotesis (eksperimen) yang bersinergis dengan perangkat pembelajaran yang mengakomodasi saintifik 5M belum tersedia dilapangan. Perangkat pembelajaran terdapat sajian tabel pembuktian hipotesis yang secara detail berisi rancangan eksperimen, dan video yang akan dihasilkan selaras dengan isi rancangan pada tabel. Sehingga video dapat memvisualisai siswa dalam mengkonfirmasi penerimaan penolakan hipotesis yang di buat dengan menyelasiakan tagihan (dialog) dalam lembar kerja. Penggunaan media yang saling bersinergis dengan perangkat pembelajaran sangat diperlukan guna memfasilitasi pembelajaran kimia khususnya topik laju reaksi.



Lampiran 03b

Pedoman Wawancara Guru
Pengembangan Video Pembuktian Hipotesis Dalam Model Pembelajaran Berbasis Masalah

Sekolah:**Mata Pelajaran: Kimia**

No	Aspek	Pertanyaan	Respon
1.	Penggunaan Kurikulum	Kurikulum apa yang saat ini diterapkan di SMA N....?	
2.	Kurikulum 2013	Bagaimana pendapat bapak/ibu akan penerapan kurikulum 2013 dalam proses pembelajaran kimia?	
3.	Pendekatan saintifik	Kurikulum 2013 mengamanatkan pendekatan saintifik sesuai dengan Permendikbud No 103 2006. Apakah pendekatan saintifik telah diintegrasikan dalam pembelajaran kimia?	
		Apakah ibu/bapak telah mengintegrasikan secara konsisten model-model pembelajaran?	
		Model apa yang yang ibu/bapak gunakan untuk mendukung saintifik?	
Sumber dan Media yang memfasilitasi pembelajaran		Media apa saja yang ibu/bapak gunakan guna mendukung pembelajaran dengan pendekatan saintifik?	
		Menurut ibu/bapak media yang ada telah optimal untuk memfasilitasi siswa dalam belajar?	
		Darimana ibu/bapak memperoleh media yang digunakan dalam pembelajaran?	
		Menurut ibu/bapak apakah diperlukan perangkat pembelajaran dan media yang sinergis?	

Kendala dalam situasi pembelajaran luring maupun daring	Pandemi covid-19 membuat situasi pembelajaran sempat berjalan secara daring. Apa kendala yang ibu/bapak alami selama pembelajaran kimia dengan situasi daring?	
	Bagaimana ibu/bapak menangani persoalan akan sulitnya membuat media	
	Dalam situasi daring bagaimana mekanisme mengelaborasi video yang bersumber dari youtube kedalam perangkat pembelajaran?	
	Apakah terdapat kendala dalam pembelajaran tatap muka terbatas yang sudah ibu/bapak laksanakan?	
	Bagaimana strategi yang ibu lakukan untuk mengatasi permasalahan pembelajaran daring maupun tatap muka terbatas?	
Problematika atau kendala dalam pembelajaran topik laju reaksi	Apakah ibu/ bapak mengalami kesulitan dalam menyampaikan aspek sub mikroskopik kepada siswa khususnya topik laju reaksi?	
	Menurut ibu/bapak apa kendala yang dialami siswa dalam memahami materi laju reaksi	
	Bagaimana strategi yang ibu/bapak lakukan dalam mengatasi kendala tersebut?	

Lampiran 03c

**Hasil Wawancara Guru Kimia SMA
Pengembangan Video Pembuktian Hipotesis dalam Model Pembelajaran Berbasis
Masalah**

Sekolah : SMA Negeri di Singaraja

Mata Pelajaran : Kimia

No	Aspek	Pertanyaan	Respon
1.	Penggunaan Kurikulum	Kurikulum apa yang saat ini diterapkan di SMA N....?	Di SMA ini menerapkan kurikulum 2013 untuk kelas XI dan XII, sedangkan kelas X telah menggunakan kurikulum merdeka.
2.	Kurikulum 2013	Bagaimana pendapat bapak/ibu akan penerapan kurikulum 2013 dalam proses pembelajaran kimia?	Penerapan K13 dalam pembelajaran tentunya sangat baik jika berjalan secara optimal. K13 bukan hanya memprioritaskan pengetahuan kognitif siswa tetapi juga memperhatikan sikap serta keterampilan.
3.	Pendekatan saintifik	Kurikulum 2013 mengamanatkan pendekatan saintifik sesuai dengan Permendikbud No 103 2006. Apakah pendekatan saintifik telah diintegrasikan dalam pembelajaran kimia?	Pendekatan saintifik telah diakomodasi dalam pembelajaran kimia, namun belum berjalan optimal dalam penerapan kelima tahapan tersebut.
		Apakah ibu/bapak telah mengintegrasikan secara konsisten model-model pembelajaran?	Belum konsisten terintegrasi dalam model pembelajaran tertentu. Kadang menggunakan model inquiri terbimbing dan <i>discovery laerning</i>
		Model apa yang yang ibu/bapak gunakan untuk mendukung saintifik?	Itu tadi, terkadang saya menggunakan inquiri terbimbing dan juga <i>discovery laerning</i>
Sumber dan Media yang memfasilitasi pembelajaran	Media apa saja yang ibu/bapak gunakan guna mendukung pembelajaran dengan pendekatan saintifik?	Media <i>power point</i> dan terkadang memanfaatkan video pembelajaran dari <i>youtube</i> .	
	Menurut ibu/bapak media yang ada telah optimal untuk memfasilitasi siswa dalam belajar?	Media yang digunakan belum sepenuhnya efektif memfasilitasi pembelajaran. Karena guru hanya menggunakan media yang sudah tersedia serta keterbatasan kemampuan dalam membuat media sendiri seperti video pembelajaran yang baik.	
	Darimana ibu/bapak	<i>Power point</i> dirancang oleh saya sendiri,	

	memperoleh media yang digunakan dalam pembelajaran?	video pembelajaran mensitasi dari <i>internet</i> salah satunya media <i>youtube</i>
	Menurut ibu/bapak apakah diperlukan perangkat pembelajaran dan media yang sinergis?	Sangat diperlukan, jika keduanya saling bersinergis akan meminimalisir terjadinya miskonsepsi, siswa juga lebih terarah dalam menyelesaikan tagihan pembelajaran.
Kendala dalam situasi pembelajaran luring maupun daring	Pandemi covid-19 membuat situasi pembelajaran sempat berjalan secara daring. Apa kendala yang ibu/bapak alami selama pembelajaran kimia dengan situasi daring?	banyak kendala karna mungkin sekolah belum terbiasa. Untuk kedala terbesar mungkin masalah sinyal dari masing-masing siswa. Masalah lainnya seperti media belajar yang tepat dan sesuai karna saat daring media sangat diperlukan. Selain itu juga mungkin motivasi siswa yang seperti sedikit menurun jika dibandingkan bertemu tatap muka, jika hanya lewat aplikasi chat atau <i>zoom meeting</i> susah untuk mengontrol dan memperhatikan siswa secara keseluruhan.
	Bagaimana ibu/bapak menangani persoalan akan sulitnya membuat media ?	Media <i>power point</i> mungkin masih bisa saya membuatnya sendiri, sedangkan video pembelajaran saya mencari di <i>youtube</i> , karena untuk membuat video pembelajaran yang baik harus melibatkan banyak faktor, keterampilan menggunakan <i>software</i> dan <i>hardware</i> , serta memerlukan waktu yang lumayan lama. Keterampilan saya dalam membuat media salah satunya video pembelajaran masih terbatas.
	Dalam situasi daring bagaimana mekanisme mengelaborasi video yang bersumber dari <i>youtube</i> ke dalam perangkat pembelajaran?	Tautan video dari <i>youtube</i> saya bagikan ke group <i>Watshapp</i> , kemudian saya berikan lembar kerja untuk di kerjakan oleh siswa dengan menonton video terlebih dahulu.
	Apakah terdapat kendala dalam pembelajaran tatap muka terbatas yang sudah ibu/bapak laksanakan?	Ya. Sama seperti pertemuan daring, pertemuan tatap muka terbatas juga masih memiliki kendala yang paling utama adalah waktu belajar. Oleh karena waktu yang sangat terbatas, beberapa materi sulit untuk dijelaskan sehingga dipilih materi yang dapat dipelajari sendiri dengan membaca akan diberikan tugas. Sedangkan

			materi yang sulit dipahami siswa seperti perhitungan akan dibahas di sekolah.
		Bagaimana strategi yang ibu lakukan untuk mengatasi permasalahan pembelajaran daring maupun tatap muka terbatas?	Strateginya mungkin pemilihan rencana pembelajaran yang tepat. Masalah waktu, media dan tugas semuanya disesuaikan dengan tingkat kesulitan pemahaman siswa dalam memahami.
Problematika atau kendala dalam pembelajaran topik laju reaksi	Apakah ibu/ bapak mengalami kesulitan dalam menyampaikan aspek sub mikroskopik kepada siswa khususnya topik laju reaksi?	Aspek sub-mikroskopik untuk semua materi kimia adlaah yang paling sulit dipahami siswa sehingga dalam penyampaianannya juga diperluka cara yang tepat. Untuk beberapa siswa yang mempunyai kemampuan lebih tinggi mungkin akan lebih mudah tetapi beberapa lainnya membutuhkan waktu yang lebih lama atau bahkan cara berbeda.	
	Menurut ibu/bapak apa kendala yang dialami siswa dalam memahami materi laju reaksi ?	Dalam memahami materi laju reaksi kendala yang dialami pertama disebabkan oleh pengetahuan prasyarat siswa yang cenderung kurang misalnya pengetahuan tentang reaksi kimia, reaktan, dan produk beberapa kesulitan dalam memahami ini. Termasuk hal yang sederhana yakni menyetarakan persamaan reaksi.	
	Bagaimana strategi yang ibu/bapak lakukan dalam mengatasi kendala tersebut?	Dengan menyesuaikan waktu terkadang harus memberikan rangsangan mengenai materi prasyarat. Selain itu memberikan contoh-contoh dan beberapa sumber belajar seperti video yang dapat dipelajari dirumah karena kalau harus diulang seluruhnya dan menunggu mengerti guru memiliki keterbatasan waktu di sekolah yang harus diperhatikan juga.	

Lampiran 04

STORYBOARD

VIDEO PEMBUKTIAN HIPOTESIS MEMFASILITASI LEMBAR KERJA DALAM UNIT 1 TAUTAN PRESENTASI VIDEO EKSPERIMEN DALAM LKPD PBL

Video pembuktian hipotesis unit 1 terdiri dari 1 potongan terintegrasi pada teks pengantar berisi fenomena berdurasi 5 menit yang disitasi milik orang lain dengan sumber Simon Poliakoff https://youtu.be/xlvs-ZJr_HU Video ini memfasilitasi sintak membimbing siswa untuk belajar fase M1 sampai M3 awal. Selanjutnya hipotesis 2 dan 3 di unit 1 kembali diintegrasikan masing-masing 1 video data sekunder bersumber Michael van Biezen <https://youtu.be/eoOdVgFdOqk> dengan durasi 5 menit dan ChemHelp berdurasi 6 menit <https://youtu.be/dxmZh4VFu9U>. Video eksperimen (produk utama) memfasilitasi hipotesis 1 berdurasi 6 menit 1 detik untuk versi panjang/lengkap dan 4 menit pada versi pendek. Rincian dari kedua versi video eksperimen sebagai berikut.

A. Eksperimen pengukuran gas H₂ versi lengkap/panjang (6 menit 1 detik)

9 detik

Menampilkan pembukaan singkat mengenai judul atau topik yang akan didemonstrasikan yakni pengukuran volume gas H₂ dan reaksi kimianya.

16 detik

Tersaji penimbangan bubuk magnesium sebanyak 0,5 gram menggunakan timbangan elektrik.

10 detik

Pengenalan bahan yang digunakan yakni 0,5 gram bubuk magnesium, aquades, dan larutan HCl_(aq) 0,2 M

42 detik

Alat yang digunakan diantaranya

- Gelas ukur 50 ml,
- Pipet tetes,
- Rubber stopper,
- Penutup buret
- Labu erlenmeyer 100 ml,
- Selang modifikasi
- Corong
- Wadah air
- Statif dan klem
- Buret yang telah dimodifikasi.
- Stopwatch

32 detik

Tutorial pemasangan selang

- Masukkan ujung selang modifikasi ke lubang samping buret (mengikuti video)
- ujung selang lainnya dihubungkan ke pipa kaca pada rubber stopper
- pemberian isolatip pada tutup buret dan juga rubber stopper untuk mencegah terjadinya kebocoran ketika reaksi pembentukan gas H₂ berlangsung.

13 detik

- Pengisian buret modifikasi dengan aquades

- Buret di isi dengan aquades hingga hampir penuh, sisahkan kurang lebih 1 cm dari lubang atas berut. Selanjutnya tutup dengan penutup buret serapat mungkin.

46 detik

- Pengambilan 50 mL larutan HCl 0,2 M kemudian ditakar menggunakan gelas ukur 50 mL.
- Masukkan 0,5 gram serbuk magnesium ke dalam labu erlenmeyer.
- Tuang HCl ke dalam labu erlenmeyer yang berisi serbuk 0,5 gram serbuk Mg
- Tutup labu erlenmeyer dengan *rubber stopper* secepat dan serapat mungkin, selanjutnya larutan HCl akan bereaksi dengan bubuk magnesium membentuk gas hidrogen.

120 detik (2 menit)

- Gelembung mulai masuk kedalam buret lalu menekan aquades keluar. Gelembung-gelembung tersebut diindikasikan gas H₂ yang terbentuk dari hasil reaksi.
- Ketika aquades tepat terbaca di skala 0 buret, jalankan stopwatch.
- Catat setiap volume aquades yang berkurang setiap 5 detik.
- Catat terus volume gas yang masuk dengan melihat volume aquades yang berkurang hingga gelembung yang masuk mulai melambat dan cenderung habis.
- Ketika gelembung gas cenderung tidak terbentuk lagi, pengukuran dapat dihentikan

52 detik

Data hasil eksperimen dan kurva yang diperoleh

- Hasil pencatatan volume gas yang masuk setiap lima detik selanjutnya di analisis lalu di ekspresikan ke dalam bentuk kurva.
- Tersaji kurva volume gas yang terbentuk dengan rancangan kurva volume aquades yang berkurang setiap 5 detik disandingkan dengan lama nya waktu yang diperlukan.

8 detik

- Berisi Video penutup ucapan terimakasih kepada penonton.

B. Versi pendek berdurasi 4 menit 35 detik

14 detik

Informasi akan judul praktikum sekaligus penayangan segmen penimbangan bubuk magnesium 0,5 gram menggunakan neraca analitik.

10 detik

Bahan yang digunakan

- Penjelasannya sama seperti video versi lengkap

42 detik

Pengenalan alat yang digunakan

- Sama dengan versi panjang

25 detik

- Masukkan 0,5 gram serbuk magnesium ke dalam labu erlenmeyer.
- Tuang HCl ke dalam labu erlenmeyer yang berisi serbuk 0,5 gram serbuk Mg
- Tutup labu erlenmeyer dengan *rubber stopper* secepat dan serapat mungkin, selanjutnya larutan HCl akan bereaksi dengan bubuk magnesium membentuk gas hidrogen

120 detik (2 menit)

- Penjelasannya sama dengan versi lengkap

61 detik

Data hasil eksperimen dan kurva yang diperoleh

- Penjelasannya sama seperti video lengkap

STORYBOARD

VIDEO PEMBUKTIAN HIPOTESIS MEMFASILITASI LEMBAR KERJA DALAM UNIT 2 TAUTAN PRESENTASI VIDEO EKSPERIMEN DALAM LKPD PBL

Terdapat 4 potongan video data sekunder pada teks pengantar berisi fenomena dalam lembar kerja di unit 2.

A. Video Data Sekunder

1. Video data sekunder pada teks pengantar berisi fenomena
 - a) Video data sekunder 1 memuat informasi tentang eksperimen singkat faktor luas permukaan berdurasi 1 menit 55 detik dengan sumber : Michael Kavanagh, <https://youtu.be/BWN8xVuzuFI>
 - b) Video data sekunder 2 menyajikan eksperimen pengaruh suhu terhadap laju reaksi berdurasi 3 menit 7 detik dengan sumber ETDtogo, <https://youtu.be/oeM6hKm6Td4>
 - c) Video data sekunder 3 berisi eksperimen pengaruh konsentrasi berdurasi 4 menit.
 - d) Video data sekunder 4 menyajikan eksperimen kehadiran katalis terhadap laju reaksi 1 menit 54 detik dengan sumber Elmoasser Books, <https://youtu.be/kV0BqG0On9E>
2. Video data sekunder yang memfasilitasi sintak mengembangkan dan menyajikan hasil karya (fase Mengasosiasi dan mengomunikasi), tautan video juga terselip dalam teks materi.
 - a) Video data sekunder terintegrasi dalam teks materi sub topik luas permukaan berdurasi 4 Menit 31 detik bersumber dari Learn Science, <https://youtu.be/D4ofmXeWcc4> . Menyajikan penguatan konsep tentang luas permukaan dengan format animasi.
 - b) Video data sekunder terintegrasi pada teks materi mempertegaskan menyajikan animasi tumbukan energi kinetik dan temperatur. Sumber: W CLN <https://youtu.be/xaXDARPYxyQ>
 - c) Video animasi partikulat mempertegas konsep pengaruh konsentrasi terhadap laju reaksi. Sumber: Learn Science <https://youtu.be/dSEIVEI2-cw>
 - d) Video animasi energi dan katalis. Sumber: Chemistry 2nd Paper Salek Sir <https://youtu.be/dcbWDPQ4ghY>

B. Video Eksperimen Pembuktian Hipotesis (Produk Utama)

1. Video eksperimen faktor luas permukaan

a) versi lengkap berdurasi.. menit

Adapun rinciannya sebagai berikut

9 detik

Pembukaan singkat yang memaparkan judul praktikum/eksperimen pengaruh luas permukaan terhadap laju reaksi.

12 detik

Bahan yang digunakan

- Bongkahan $\text{CaCO}_{3(s)}$ 1 gram
- Serbuk $\text{CaCO}_{3(s)}$ 1 gram
- 150 mL larutan $\text{HCl}_{(aq)}$ 0.2 M
- Aquades

39 detik

Alat yang digunakan

- Gelas ukur 50 mL
- Labu Erlen Meyer 100 mL
- Selotip

- Pipet tetes
- Rubber stopper
- Selang modifikasi
- Tutup buret
- Corong
- Wadah air
- Statif dan klem
- Buret yang telah dimodifikasi

48 Detik

Tutorial merangkai alat pesawat kit

- Masukkan ujung selang ke lubang samping buret
- Hubungkan ujung selang lainnya dengan pipa kaca yang telah dirakit dengan rubber stopper.
- Lakukan isolatip pada rubber stopper dan tutup buret guna mencegah terjadinya kebocoran pada saat reaksi pembentukan gas hidrogen berlangsung.

11 detik

Pengisian buret dengan aquades/air

Isi buret dengan aquades hingga hampir penuh dengan bantuan corong, sisahkan kurang lebih 1 cm dari lubang atas buret. Selanjutnya sumbat lubang atas buret dengan penutup buret serapat mungkin.

45 detik

Prosedur kerja

- Takar larutan HCl 0.2 M dengan menggunakan gelas ukur masing-masing 50 mL untuk reaksi antara HCl dan serbuk $\text{CaCO}_3(s)$ dan reaksi HCl dengan bongkahan $\text{CaCO}_3(s)$
- Frame kanan pada layar merupakan reaksi antara 50 mL larutan HCl 0.2 M dengan 1 gram serbuk $\text{CaCO}_3(s)$. Sedangkan frame kiri merupakan reaksi antara 50 mL larutan HCl 0.2 M dengan 1 gram bongkahan $\text{CaCO}_3(s)$

2 Menit 13 Detik

- Menampilkan perbedaan kecepatan jumlah gelembung dan pengurangan aquades di kedua frame antar reaksi serbuk dan bongkahan CaCO_3 dengan HCl.
- Volume aquades pada buret yang berkurang setiap 5 detik di kedua frame disebabkan oleh tekanan gas hidrogen yang masuk diindikasikan secara makroskopik melalui gelembung yang terbentuk.
- Menjelaskan perbedaan luas bidang sentuh dari kedua reaksi.
- Menjelaskan secara singkat cara memperoleh/menghitung konsentrasi gas CO_2 yang tercatat setiap 5 detik dengan menggunakan stoikiometri.
- Volume aquades yang berkurang dilakukan pencatatan hingga gelembung yang masuk pada buret di kedua frame sangat melambat atau cenderung habis tentunya.
- Menampilkan frame serbuk gelembung yang masuk telah melambat atau cenderung habis, selanjutnya pengukuran dihentikan di waktu sekian menit dan di volume aquades.

43 Detik

Data hasil eksperimen dan kurva yang diperoleh

- Hasil pencatatan volume gas yang masuk setiap 5 detik pada kedua reaksi terindikasi dari pengamatan volume aquades yang berkurang yang disebabkan oleh tekanan gas

CO₂ hasil reaksi antara CaCO₃ dengan larutan HCl selanjutnya dianalisis dan diekspresikan kedalam bentuk kurva.

- Tersaji perbedaan kelengkungan kurva antar reaksi serbuk CaCO₃ dengan larutan HCl dan bongkahan CaCO₃ dengan larutan HCl.

9 Detik

Video penutup berisi ucapan terimakasih kepada penonton

b) Versi pendek berdurasi 4 menit 23 detik 12 Detik

11 Detik

- Pengenalan bahan sama seperti versi lengkap

38 Detik

- Segmen pengenalan alat sama seperti video versi lengkap. Tutorial merangkai alat dan mengisi buret dengan aquades ditiadakan. Hal ini yang menjadi perbedaan dari kedua versi.

11 Detik

- Menyajikan dua frame, frame kiri reaksi 1 gram serbuk CaCO₃ dengan 50 mL 0.2 M larutan HCl dan frame kanan 1 gram bongkahan CaCO₃ bereaksi dengan 50 mL 0.2 M larutan HCl.
- Segmen menakar HCl dihilangkan.

2 menit 13 detik

Sajian dari kedua frame ketika menampilkan segmen eksperimen sama seperti versi lengkap.

43 Detik

Data hasil eksperimen dan kurva yang diperoleh

- Tahapannya sama dengan video versi lengkap
- Tidak tersaji video penutup pada versi pendek.

2. Video Eksperimen Pengaruh Suhu Terhadap Laju Reaksi

a) Video versi lengkap/panjang berdurasi 5 Menit

Sajian rancangan video sebagai berikut

10 Detik

- Pembukaan singkat menginformasikan judul praktikum.

8 Detik

Bahan yang digunakan

- Natrium tiosulfat (Na₂S₂O_{3(aq)}) 0.15 M
- Larutan HCl_(aq) 0.75 M
- Aquades

13 Detik

Alat yang digunakan

- 1 buah gelas ukur 25 mL
- 4 buah Gelas beker 100 mL
- Termometer °C 1 buah
- Hot plate atau pemanas
- Stopwatch
- Statif dan klem
- Batang pengaduk 1 buah

- 1 buah wadah berbahan logam
- Kertas putih berukuran 15 cm x 15 cm yang diberikan tanda silang.
- Pipet gondok 5 mL dan *Filler*

37 Detik

Prosedur kerja

- Pengambilan larutan variasi HCl tetap suhu 27 °C
 - Sebanyak 5 mL larutan HCl 0.75 di ukur menggunakan pipet volum lalu ditempatkan pada gelas beker A dengan label HCl tetap.
 - Takar natrium tiosulfat 0.15 M menggunakan gelas ukur sebanyak 25 mL, lalu tempatkan pada gelas beker B yang berlabel $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3(\text{aq})$ + aquades.
 - Takar 20 mL aquades kemudian tuang ke dalam gelas beker B atau di campur bersama natrium tiosulfat sehingga volume total gelas beker B kurang lebih 45 mL.

36 Detik

- Pengambilan larutan dengan variasi natrium tiosulfat untuk suhu 37 °C
 - Takar larutan HCl 0.75 M sebanyak 5 mL menggunakan pipet ukur, kemudian tempatkan ke dalam gelas beker C.
 - Sebanyak 20 mL aquades dituangkan ke dalam gelas beker C yang sebelumnya berisi 5 mL larutan HCl sehingga volume akhir larutan menjadi 45 mL.
 - Selanjutnya sebanyak 25 mL larutan natrium tiosulfat di takar menggunakan gelas ukur kemudian tempatkan ke dalam gelas beker D.

9 Detik

- Masing-masing larutan pada keempat gelas beker kemudian diletakkan ke dalam wadah berbahan logam (penangas) yang berisi sedikit air, dengan kurang lebih 1 cm bagian dasar dan sisi dinding gelas terendam air.
- Ukur suhu air menggunakan termometer °C guna mengetahui suhu awal larutan

1 Menit 24 Detik

- Mereaksikan larutan HCl dan natrium tiosulfat dengan suhu 27 °C (perkiraan suhu ruang)
 - Posisikan gelas beker B (25 mL $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3(\text{aq})$ + 20 mL aquades) pada kertas putih tepatnya di atas tanda silang.
 - Siapkan *stopwatch* guna mengukur waktu ketika kedua larutan direaksikan.
 - Tuang 5 mL larutan HCl 0,75 M (gelas beker A) ke dalam gelas beker B yang berisi campuran natrium tiosulfat dan aquades sehingga volume total campuran sebanyak 50 mL, bertepatan dengan itu jalankan *stopwatch*.
 - Larutan yang semula bening secara berkala akan berubah menjadi keruh hingga putih seperti susu.
 - Pengukuran waktu reaksi dengan *stopwatch* dapat dihentikan apabila campuran telah mengaburkan tanda silang di bawah gelas dan cendrung tidak terlihat.

1 Menit 11 Detik

- Mereaksikan variasi larutan (gelas beker D dan C) dengan menaikkan suhu 10 °C ($27\text{ }^\circ\text{C} + 10\text{ }^\circ\text{C} = 37\text{ }^\circ\text{C}$).
 - Gelas beker C (campuran 20 mL aquades + 5 mL 0.75 HCl) dan gelas beker D (25 ml 0.15 M natrium tiosulfat) yang masih berada dalam penangas selanjutnya dipanaskan menggunakan hot plate sehingga mencapai suhu 37 °C.
 - 25 mL 0.15 M larutan natrium tiosulfat pada gelas beker D kemudian dituang (direaksikan) ke dalam gelas beker C yang berisi campuran 20 mL aquades + 5 mL

0.75 HCl, sehingga volume total larutan 50 mL. bertepatan dengan itu jalankan *stopwatch* untuk mengukur waktu reaksi campuran.

- Aduk campuran menggunakan batang pengaduk.
- Mekanismenya sama seperti pereaksian di variasi 27 °C.

17 Detik

- Menyajikan waktu yang diperoleh pada variasi HCl tetap suhu 27 °C dan variasi larutan natrium tiosulfat tetap suhu 37 °C

10 Detik

- Menyajikan video penutup singkat berisi ucapan terimakasih kepada penonton.

b) Video Versi Pendek berdurasi 2 Menit 15 Detik

Rancangan video sebagai berikut.

21 Detik

- Menyajikan bahan dan alat yang digunakan, segmen video menggunakan versi panjang.

10 Detik

- Segmen video pengukuran suhu larutan variasi HCl tetap di buat paralel dengan segmen video pengukuran suhu larutan variasi natrium tiosulfat tetap, sehingga tersaji dalam satu *frame* tayangan

1 Menit 27 Detik

- Segmen video mereaksikan larutan HCl dan natrium tiosulfat dengan suhu 27 °C (perkiraan suhu ruang) juga dijadikan paralel dengan segmen video ketika mereaksikan variasi larutan (gelas beker D dan C) dengan menaikkan suhu 10 °C ($27\text{ }^{\circ}\text{C} + 10\text{ }^{\circ}\text{C} = 37\text{ }^{\circ}\text{C}$).
- Sisi kanan layar merupak segmen video variasi HCl tetap suhu 27 °C dan segmen video variasi natrium tiosulfat tetap suhu 37 °C terletak di sisi kanan layar.
- Prinsip pengukuran waktu sama dengan video versi panjang.

16 Detik

- Menyajikan waktu yang diperoleh pada variasi HCl tetap suhu 27 °C dan variasi larutan natrium tiosulfat tetap suhu 37 °C.

3. **Video Eksperimen Pengaruh Konsentrasi** (digunakan juga dalam mengungkapkan ordo reaksi)

a) Video Versi Panjang Berdurasi 9 Menit 37 Detik

Sajian rancangan video sebagai berikut

10 Detik

- Menginformasikan judul praktikum

11 Detik

Alat yang digunakan

- Pipet gondok 10 mL berjumlah 1 buah
- Pipet gondok 5 mL sebanyak 2 buah
- Pipet tetes
- *Filler*
- Pipet volum 10 ml 2 buah
- Batang pengaduk
- *stopwatch*
- Gelas beker 100 ml berjumlah 6 buah

- 2 buah gelas ukur berskala 25 mL

40 Detik

Bahan yang digunakan

- $\text{H}_2\text{O}_2(l)$ dengan 5 variasi konsentrasi yakni 0.1 M, 0.15 M, 0.2 M, 0.25 M, dan 0.3 M akan bereaksi dengan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0.1 N, $\text{HCl}_{(aq)}$ 1 M, $\text{KI}_{(aq)}$ 0.2 M, dan amilum 1%
- $\text{KI}_{(aq)}$ dengan 5 variasi konsentrasi yakni 0.1 M, 0.15 M, 0.2 M, 0.25 M, dan 0.3 M direaksikan dengan larutan (sampel) lain yang konsentrasinya dibuat tetap yaitu, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0.1 N, $\text{HCl}_{(aq)}$ 1 M, $\text{H}_2\text{O}_2(l)$ 0.2 M, dan amilum 1%
- larutan $\text{HCl}_{(aq)}$ terbagi menjadi 5 variasi konsentrasi dengan rincian 0.1 M, 0.2 M, 0.25 M, 0.5 M, dan 1 M direaksikan dengan reaktan lain yang konsentrasinya di buat tetap yakni, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0.1 N, $\text{KI}_{(aq)}$ 0.2 M, $\text{H}_2\text{O}_2(l)$ 0.1 M, dan amilum 1%

1 Menit 2 Detik

Prosedur pengambilan masing-masing reaktan dengan volume tertentu

Menyajikan segmen video pengambilan larutan untuk reaksi $\text{H}_2\text{O}_2(l)$ 0.1 M sebagai reaktan.

- Pipet larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0.1 sebanyak 5 mL menggunakan pipet gondok kemudian tempatkan pada gelas beker (sebagai wadah reaksi akhir reaktan)
- Sebanyak 10 mL larutan $\text{KI}_{(aq)}$ 0.2 M di ambil menggunakan pipet gondok kemudian tempatkan ke dalam gelas ukur A.
- Pipet larutan $\text{H}_2\text{O}_2(l)$ 0.1 M sebanyak 10 mL tempatkan ke dalam gelas ukur B.
- Takar menggunakan pipet ukur larutan $\text{HCl}_{(aq)}$ 1 M sebanyak 5 mL kemudian tempatkan ke dalam gelas ukur A atau di campur dengan 10 mL larutan $\text{KI}_{(aq)}$ 0.2 M sehingga volume campuran menjadi 15 mL.
- Lalu masukkan amilum 1 % sebanyak 3-5 tetes ke dalam gelas ukur (wadah reaksi campuran) yang berisi 5 mL larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0.1 lalu kocok gelas agar kedua larutan tercampur.

Tersaji 3 larutan dengan komponen tertentu

- Gelas beker berisi volume total campuran kurang lebih 5 mL (5 mL $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0.1 + 3 tetes Amilum 1 %)
- Gelas ukur A berisi 10 mL larutan $\text{H}_2\text{O}_2(l)$ 0.1 M.
- Gelas ukur B dengan volume total campuran sebanyak 15 mL (10 mL larutan $\text{KI}_{(aq)}$ 0.2 M + 5 mL larutan $\text{HCl}_{(aq)}$ 1 M)

Posisikan gelas beker ditengah kemudian gelas ukur A di kiri dan Gelas ukur B di kanan gelas beker. Lalu siapkan stopwatch dan batang pengaduk

1 Menit 10 Detik

Pereaksian $\text{H}_2\text{O}_2(l)$ 0.1 M sebagai reaktan dapat dimulai

- Masukkan secara bersamaan gelas ukur A (10 mL larutan $\text{H}_2\text{O}_2(l)$ 0.1 M) dan gelas ukur B (10 mL larutan $\text{KI}_{(aq)}$ 0.2 M + 5 mL larutan $\text{HCl}_{(aq)}$ 1 M) ke dalam gelas beker yang bersisi campuran 5 mL $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0.1 + 3 tetes Amilum 1 %, bertepatan dengan itu jalankan *stopwatch* guna mengukur waktu reaksi serta aduk campuran agar semua komponen tercampur.
- Waktu akan dihentikan ketika muncul warna biru pada campuran.
- Konsistensi pemberhentian waktu dari kelima percobaan variasi larutan $\text{H}_2\text{O}_2(l)$ sebagai reaktan yakni, ketika warna biru yang muncul pertama kali sebelum campuran berubah ke warna hitam.
- Dengan prosedur kerja yang sama dengan Pereaksian $\text{H}_2\text{O}_2(l)$ 0.1 M sebagai reaktan, lakukan juga pada larutan $\text{H}_2\text{O}_2(l)$ 0.15 M, 0.2 M, 0.25 M, dan 0.3 M.

39 Detik

- Segemen video pereaksian variasi larutan $\text{H}_2\text{O}_2(l)$ 0.15 M, 0.2 M, 0.25 M, dan 0.3 M sebagai reaktan yang dibuat paralel dalam satu layar frame (penyandingan segmen video)

1 Menit 58 Detik

Menyajikan segmen Pereaksian $\text{KI}_{(aq)}$ 0.15 M sebagai reaktan

Tersaji 3 larutan dengan komponen tertentu

- i) Gelas beker berisi volume total campuran kurang lebih 5 mL (5 mL $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0.1 + 3 tetes Amilum 1 %)
- ii) Galas ukur A berisi 10 mL larutan $\text{H}_2\text{O}_2(l)$ 0.2 M.
- iii) Gelas ukur B dengan volume total campuran sebanyak 15 mL (10 mL larutan $\text{KI}_{(aq)}$ 0.15 M + 5 mL larutan $\text{HCl}_{(aq)}$ 1 M)

Prinsipnya mereaksikan variasi KI hampir sama dengan variasi larutan $\text{H}_2\text{O}_2(l)$ hanya saja jika segmen sebelumnya peroksida berperan sebagai reaktan dengan 5 variasi konsentrasi sedangkan reaktan lainnya berkonsentrasi tetap, namun pada segmen ini KI berperan sebagai reaktan yang konsentrasinya dirancang bervariasi dan reaktan lainnya dengan konsentrasi tetap.

- Prosedur menuangkan larutan di kedua gelas ukur ke dalam gelas beker, konsistensi pemberhentian waktu di warna biru yang pertama kali muncul, serta penyandingan segmen video untuk 4 segmen video sama seperti rancangan video variasi $\text{H}_2\text{O}_2(l)$ 0.1 M sebagai reaktan.

2 Menit

Menyajikan segmen Pereaksian Larutan $\text{HCl}_{(aq)}$ 0.25 M sebagai reaktan

- i) Gelas beker berisi volume total campuran kurang lebih 5 mL (5 mL $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0.1 + 3 tetes Amilum 1 %)
- ii) Galas ukur A berisi 10 mL larutan $\text{H}_2\text{O}_2(l)$ 0.3 M.
- iii) Gelas ukur B dengan volume total campuran sebanyak 15 mL (10 mL larutan $\text{KI}_{(aq)}$ 0.2 M + 5 mL larutan $\text{HCl}_{(aq)}$ 0,25 M)

Kadua segmen video sebelumnya menyajikan larutan $\text{H}_2\text{O}_2(l)$ dan larutan $\text{KI}_{(aq)}$ sebagai reaktan, namun pada segmen kali ini larutan HCl bertindak sebagai reaktan yang konsentrasinya dibuat menjadi 5 variasi yakni 0.1 M, 0.2 M, 0.25 M, 0.5 M, dan 1 M. Dengan prosedur kerja yang sama seperti dua segmen video sebelumnya, segmen video larutan HCl sebagai reaktan disajikan.

1 Menit 35 Detik

- Pencatatan dan analisi data dari ketiga reaktan ($\text{H}_2\text{O}_2(l)$, $\text{KI}_{(aq)}$, dan $\text{HCl}_{(aq)}$)

9 Detik

- Video penutup berisi ucapan terimakasih kepada penonton

b) Video Versi Pendek Berdurasi 7 Menit 31 Detik

- Video versi pendek menghilangkan segmen video pembukaan, segmen pengenalan alat dan bahan, segmen pengambilan larutan $\text{H}_2\text{O}_2(l)$ dengan variasi 0.1 M, dan video penutup.
- Segmen eksperimen pada ketiga reaktan dan segmen pencatatan serta analisis data sama seperti versi panjang.

4. Video Eksperimen Faktor Kehadiran Katalis Terhadap Laju Reaksi berdurasi 4 Menit 50 Detik

Sajian rancangan/arsitektur video sebagai berikut.

10 Detik

- Video pembukaan singkat menginformasikan sub topik yang di demonstrasikan

15 Detik

- Menyajikan daftar alat dan bahan yang memfasilitasi eksperimen
- Rincian alat yakni, tabung reaksi 4 buah, rak tabung reaksi, stopwatch, spatula, mistar/penggaris, kaca arloji, dan pipet tetes.
- Bahan yang digunakan : 40 mL $\text{H}_2\text{O}_2(l)$ 0.2 M, Serbuk $\text{MnO}_2(s)$ (katalis) sebanyak 1 gram, 2 mL Larutan $\text{FeCl}_2(aq)$ (katalis) 0.2 M, 2 mL larutan $\text{CuSO}_4(aq)$ (katalis) 0.2 M, dan Larutan detergen (membantu memerangkap gas) secukupnya.

2 Menit 48 Detik

Prosedur Kerja

Prinsip eksperimen kehadiran katalis yaitu dengan reaksi dekomposisi larutan H_2O_2 yang menghasilkan gas O_2 ($2\text{H}_2\text{O}_2(aq) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(l) + \text{O}_2(g)$)

- Masukkan masing-masing 10 mL larutan H_2O_2 kedalam 4 tabung reaksi
- Masukkan 2 mL Larutan $\text{FeCl}_2(aq)$ 0.2 M, 1 gram Serbuk $\text{MnO}_2(s)$, dan 2 mL larutan $\text{CuSO}_4(aq)$ 0.2 M ke dalam tabung 1, tabung 3, serta tabung 4 secara bersamaan.
- Tabung 2 dibiarkan tanpa penambahan katalis
- Masing-masing tabung di tetesi larutan detergen (5-8 tetes) kemudian jalankan *stopwatch*.
- Buih yang terbentuk pada permukaan larutan di masing-masing tabung di ukur ketinggiannya menggunakan penggaris setiap 1 menit. Pengukuran dilakukan sebanyak 5 kali.
- Catat ketinggian buih yang terbentuk setiap 1 menit selama 5 menit pengukuran

1 Menit 28 Detik

Menyajikan Data hasil eksperimen dan kurva yang diperoleh

- Data ketinggian buih yang terukur setiap 1 menit sebanyak 5 kali pengukuran selanjutnya dianalisis dan diekspresikan ke dalam bentuk kurva.

9 Detik

- Video penutup ucapan terimakasih kepada penonton.

Video eksperimen kehadiran katalis, tidak dirancang sebab video ini di rasa cukup pendek yang durasinya kurang dari 6 menit. Sedangkan unit 3 tautan presentasi video eksperimen dalam LKPD PBL ordo reaksi, hukum laju reaksi, dan teori tumbukan menggunakan data video eksperimen pengaruh konsentrasi (video di unit 2) pada hipotesis 1 (ordo reaksi), sedangkan hipotesis 2 dan hipotesis 3 menggunakan data sekunder.

Lampiran 05a

LEMBAR PENILAIAN AHLI ISI DAN KONTRUKSI TERHADAP VIDEO PEMBUKTIAN HIPOTESIS DALAM MODEL PEMBELAJARAN BERBASIS MASALAH PADA TOPIK LAJU REAKSI

Judul penelitian	: Pengembangan Video Pembuktian Hipotesis Dalam Model Pembelajaran Berbasis Masalah untuk mendukung Lembar Kerja Peserta Didik Pada Topik Laju Reaksi dengan Pendekatan Ilmiah/Saintifik.
Peneliti	: Muhammad Yusran
Pokok Bahasan	: Laju Reaksi
Validator	:
Jabatan	: Dosen Jurusan Kimia

A. Tujuan

Tujuan dari Penggunaan instrumen ini adalah untuk mengukur kelayakan Video Pembuktian Hipotesis (eksperimen) dalam mendukung lembar kerja peserta didik pembelajaran berbasis masalah yang telah dikembangkan (terlampir).

B. Petunjuk

1. Dimohonkan kepada Ibu/Bapak terlebih dahulu mencermati setiap unit pembelajaran (unit 1, 2, dan 3) yang setiap unit mencakup LKPD (bagian a) yang semestinya dicoba untuk diisi oleh peserta didik lebih dahulu terutama untuk bagian awal hingga pembuatan rancangan pembuktian hipotesis dan membaca informasi materi konsepsi ilmiah yang disasar tentang faktor-faktor berpengaruh terhadap laju reaksi (bagian b) yang sekaligus sebagai materi pelajaran penegasan dan remedial dengan organisasi sajian sesuai urutan kegiatan dalam LKPD terkait. Kemudian membuka dan menyimak video eksperimen yang disisipkan dalam LKPD sesi pengumpulan data (a3e) dan/atau dalam fase pengolahan data (LKPD: b3e yang mungkin dilengkapi dengan video aspek mikroskopis dalam fase mengasosiasi setelah pengumpulan data dalam teks materi sesi b) melalui tautan video ke sumber online Video pembuktian hipotesis (eksperimen) sesi a3e menyajikan hubungan variabel bebas, variabel terikat, dan variabel kontrol untuk setiap hipotesis dari setiap konsepsi ilmiah yang diharapkan terbangun melalui PBL.
2. Dimohon Ibu/Bapak dapat memberikan penilaian yang ditinjau dari beberapa aspek dan komentar/masukan untuk penyempurnaan video pembuktian hipotesis yang telah dikembangkan oleh pengembang/peneliti. penilaian pada masing-masing butir dengan memberi tanda centang (✓) pada nomor pernyataan penilaian dalam kolom kategori SK (Sangat kurang), K (Kurang), B (Baik) atau SB (Sangat baik) sesuai dengan pendapat Ibu/Bapak.
3. Bila terdapat komentar/masukan mengenai Video Pembuktian Hipotesis yang telah dikembangkan terutama pada hal-hal yang belum terwakili oleh penilaian dalam butir-butir instrumen, Ibu/Bapak dapat menuliskannya pada kolom komentar/masukan yang telah disediakan.

C. Penilaian

No	Indikator Penilaian	No	Butir Penilaian				
				SK	K	B	SB
I. Kelayakan isi pada video pembuktian hipotesis							
A.	Kesesuaian isi	1	Kesesuaian/relevansi isi dan konteks/proses kegiatan-kegiatan mengoptimalkan pemahaman secara komprehensif (pengetahuan, proses, dan sikap sains) tentang laju reaksi.				
		2	Kesesuaian dan kejelasan organisasi penyajian konsep dan isi/materi pembelajaran secara keseluruhan dalam LKPD melalui pembelajaran berbasis masalah sebagai salah satu model pembelajaran dengan pendekatan saintifik.				
		3	Kesesuaian penyajian variasi nilai variabel bebas (sebab) dan pengukuran/pengamatan variasi nilai variabel terikat (akibat) dalam pembuktian hipotesis.				
		4	Kesesuaian analisis data menuju penarikan kesimpulan.				
B.	Keakuratan materi	1	Keakuratan informasi faktual, prosedural, dan konseptual secara keseluruhan (konsep ilmiah sebab-akibat) dalam LKPD yang diperkuat dengan data eksperimen dalam video				
		2	Kebenaran hal-hal yang harus diamati/diukur dan catatan data hasil pengukuran dalam video eksperimen (pembuktian hipotesis) dan informasi pendukung lainnya dalam LKPD yang melibatkan partisipasi siswa				
		3	Kebenaran data dalam video untuk mendukung analisis data menuju penarikan kesimpulan (pembuktian hipotesis) yang melibatkan penggunaan gambar dan/atau tabel dalam LKPD.				
		4	Keakuratan isi dan fungsi tabel, gambar, dan/atau informasi/data yang bersinergi dengan video dalam mendukung penyajian materi secara komprehensif pada aspek makroskopis, aspek sub-mikroskopis, dan aspek simbolik.				

C.	Kemutakhiran materi	1	Cakupan isi video bersama dengan informasi lain media dalam LKPD sesuai dengan karakteristik belajar kimia yakni mengoptimalkan pemberdayaan aspek makroskopik, aspek sub-miskroskopik, dan aspek simbolik.				
		2	Pelibatan aspek-aspek keterampilan proses sains (ilmiah) dalam penyajian materi secara terintegrasi dalam LKPD sesuai untuk siswa SMA				
D.	Mendorong rasa keingintahuan	1	Video secara keseluruhan dalam LKPD mendorong rasa ingin tahu/antusiasme				
		2	Menciptakan kemampuan untuk menganalisis atas informasi yang diperoleh				
E	Teknik Penyajian	1	Kejelasan sajian video pembuktian hipotesis secara terintegrasi dalam LKPD memfasilitasi PBL sebagai salah satu model pembelajaran dengan pendekatan saintifik 5M dengan penalaran induktif				
		2	Konsistensi sajian isi video secara terintegrasi dalam LKPD memfasilitasi PBL sebagai salah satu model pembelajaran dxengaan pendekatan saintifik				
		3	Ketepatan video dalam konteks durasi, merangsang penyimakan, dan menghindari kebosanan penyimakan dengan penyajian rekaman proses pengambilan data dan catatan data utama/pokok (sekitar 5 menit) sebagai kegiatan inti dalam pembuktian hipotesis yang harus divisualkan dalam sebuah model pembelajaran dengan pendekatan ilmiah.				
F	Sajian kegiatan-kegiatan pendukung secara keseluruhan (LKPD PBL) yang melibatkan fasilitas video pembuktian hipotesis (eksperimen)	1	Kejelasan sistematika penyajian kegiatan-kegiatan				
		2	Pengantar yang disajikan mampu mengantarkan kontruksi konsepsi ilmiah yang disasar.				
		3	Kejelasan petunjuk/bimbingan penyajian dan/atau analisis (dalam LKPD dan Video) menuju penarikan kesimpulan yang melibatkan penggunaan gambar dan tabel				

		4	Kejelasan gambar atau tabel dalam menguatkan penyajian informasi dalam kontruksi konsepsi ilmiah yang disasar.				
		5	Petunjuk dalam LKPD dan video mendukung pengarahannya penarikan kesimpulan dan pemaknaan terhadap temuan/kesimpulan				

D. Komentar/Masukan

Komentar dan masukan Ibu/Bapak terutama selain masukan yang sudah terwakili oleh penilaian dalam butir-butir kuesioner mohon dituliskan di bawah ini.

Kesimpulan

Video pembuktian hipotesis (eksperimen) ini dinyatakan*):

1. Layak digunakan tanpa ada revisi.
2. Layak digunakan dengan revisi.
3. Tidak layak digunakan

*): *Lingkari salah satu*

Singaraja, 2023
Validator,

.....
NIP

Lampiran 05b

LEMBAR PENILAIAN AHLI MEDIA TERHADAP VIDEO PEMBUKTIAN HIPOTESIS DALAM MODEL PEMBELAJARAN BERBASIS MASALAH PADA TOPIK LAJU REAKSI

Judul penelitian : Pengembangan Video Pembuktian Hipotesis Dalam Model Pembelajaran Berbasis Masalah untuk mendukung Lembar Kerja Peserta Didik Pada Topik Laju Reaksi dengan Pendekatan Ilmiah/Saintifik.

Peneliti: Muhammad Yusran

Pokok Bahasan: Laju Reaksi

Validator:

Jabatan :

A. Tujuan

Tujuan dari Penggunaan instrumen ini adalah untuk mengukur kelayakan Video Pembuktian Hipotesis (eksperimen) dalam mendukung lembar kerja peserta didik Pembelajaran berbasis masalah yang telah dikembangkan (terlampir).

B. Petunjuk

1. Dimohonkan kepada Ibu/Bapak terlebih dahulu mencermati setiap unit pembelajaran (unit 1, 2, dan 3) yang setiap unit mencakup LKPD (bagian a) yang semestinya dicoba untuk diisi oleh peserta didik lebih dahulu terutama untuk bagian awal hingga pembuatan rancangan pembuktian hipotesis dan membaca informasi materi konsepsi ilmiah yang disasar tentang faktor-faktor berpengaruh terhadap laju reaksi (bagian b) yang sekaligus sebagai materi pelajaran penegasan dan remedial dengan organisasi sajian sesuai urutan kegiatan dalam LKPD terkait. Kemudian membuka dan menyimak video eksperimen yang disisipkan dalam LKPD sesi pengumpulan data (a3e) dan/atau dalam fase pengolahan data (LKPD: b3e yang mungkin dilengkapi dengan video aspek mikroskopis dalam fase mengasosiasi setelah pengumpulan data dalam teks materi sesi b) melalui tautan video ke sumber online Video pembuktian hipotesis (eksperimen) sesi a3e menyajikan hubungan variabel bebas, variabel terikat, dan variabel kontrol untuk setiap hipotesis dari setiap konsepsi ilmiah yang diharapkan terbangun melalui PBL.
2. Dimohon Ibu/Bapak dapat memberikan penilaian yang ditinjau dari beberapa aspek dan komentar/masukan untuk penyempurnaan video pembuktian hipotesis yang telah dikembangkan oleh pengembang/peneliti. penilaian pada masing-masing butir dengan memberi tanda centang (√) pada nomor pernyataan penilaian dalam kolom kategori SK (Sangat kurang), K (Kurang), B (Baik) atau SB (Sangat baik) sesuai dengan pendapat Ibu/Bapak.
3. Bila terdapat komentar/masukan mengenai Video Pembuktian Hipotesis yang telah dikembangkan terutama pada hal-hal yang belum terwakili oleh penilaian dalam butir-butir instrumen, Ibu/Bapak dapat menuliskannya pada kolom komentar/masukan yang telah disediakan.

C. Penilaian.

No	Indikator Penilaian	No	Butir penilaian	Alternatif Pilihan			
				SK	K	B	SB
A.	Gambar dan latar belakang	1.	Gambar yang digunakan sesuai dengan materi yang disajikan				
		2.	Gambar dan latar belakang yang digunakan memiliki kualitas baik				
		3.	Gambar dan latar belakang yang digunakan menarik				
		4.	Gambar dan latar belakang yang digunakan memiliki ukuran yang proporsional				
		5.	Tata letak gambar yang digunakan sesuai				
B.	Animasi dan transisi	1.	Animasi dan warna yang digunakan menarik				
		2.	Transisi yang digunakan menarik				
C.	Teks	1.	Jenis huruf dan warna yang digunakan pada teks menarik				
		2.	Ukuran huruf yang digunakan proporsional				
		3.	Teks yang ditampilkan dapat terbaca dengan jelas				
D.	Tabel	1.	Tabel yang digunakan menarik				
		2.	Tabel yang digunakan memiliki ukuran yang proporsional				
		3.	Tata letak tabel yang digunakan sesuai				
E.	Suara dan musik	1.	Musik yang digunakan tidak mengganggu suara presenter				
		2.	Musik yang digunakan menarik				
		3.	Suara presenter/narasi jelas				
		4.	Kecepatan suara presenter/narasi sesuai dengan materi yang disampaikan				
F.	Penyajian kegiatan pembelajaran	1.	Durasi penyajian materi pembelajaran dalam video tepat (tidak terlalu lama atau membosankan)				
		2.	Penyajian materi pembelajaran dapat mempermudah siswa dalam memahami materi				
G	Potongan video	1	Video yang disajikan sesuai dengan materi				
		2	video yang disajikan jelas				
		3	Video percobaan telah sesuai dengan judul percobaan yang akan dilakukan				

		4	Video pembelajaran dapat membantu siswa dalam mengisi isian LKS/LKPD bagian membimbing penyelidikan individu maupun kelas (atau M3)				
--	--	---	---	--	--	--	--

Komentar/Masukan

Komentar dan masukan Ibu/Bapak terutama selain masukan yang sudah terwakili oleh penilaian dalam butir-butir kuesioner mohon dituliskan di bawah ini.



Kesimpulan

Video pembuktian hipotesis (eksperimen) ini dinyatakan*):

1. Layak digunakan tanpa ada revisi.
2. Layak digunakan dengan revisi.
3. Tidak layak digunakan

*): *Lingkari salah satu*

Singaraja, 2023
Validator,

.....
NIP.

Lampiran 05c

LEMBAR PENILAIAN AHLI ISI BAHASA TERHADAP VIDEO PEMBUKTIAN HIPOTESIS DALAM MODEL PEMBELAJARAN BERBASIS MASALAH PADA TOPIK LAJU REAKSI

Judul penelitian : Pengembangan Video Pembuktian Hipotesis Dalam Model Pembelajaran Berbasis Masalah untuk mendukung Lembar Kerja Peserta Didik Pada Topik Laju Reaksi dengan Pendekatan Ilmiah/Saintifik.

Peneliti : Muhammad Yusran

Pokok Bahasan : Laju Reaksi

Validator :

Jabatan :

A. Tujuan

Tujuan dari Penggunaan instrumen ini adalah untuk mengukur kelayakan Video Pembuktian Hipotesis (eksperimen) dalam mendukung lembar kerja peserta didik Pembelajaran berbasis masalah yang telah dikembangkan (terlampir).

B. Petunjuk

1. Dimohonkan kepada Ibu/Bapak terlebih dahulu mencermati setiap unit pembelajaran (unit 1, 2, dan 3) yang setiap unit mencakup LKPD (bagian a) yang semestinya dicoba untuk diisi oleh peserta didik lebih dahulu terutama untuk bagian awal hingga pembuatan rancangan pembuktian hipotesis dan membaca informasi materi konsepsi ilmiah yang disasar tentang faktor-faktor berpengaruh terhadap laju reaksi (bagian b) yang sekaligus sebagai materi pelajaran penegasan dan remedial dengan organisasi sajian sesuai urutan kegiatan dalam LKPD terkait. Kemudian membuka dan menyimak video eksperimen yang disisipkan dalam LKPD sesi pengumpulan data (a3e) dan/atau dalam fase pengolahan data (LKPD: b3e yang mungkin dilengkapi dengan video aspek mikroskopis dalam fase mengasosiasi setelah pengumpulan data dalam teks materi sesi b) melalui tautan video ke sumber online Video pembuktian hipotesis (eksperimen) sesi a3e menyajikan hubungan variabel bebas, variabel terikat, dan variabel kontrol untuk setiap hipotesis dari setiap konsepsi ilmiah yang diharapkan terbangun melalui PBL
2. Dimohon Ibu/Bapak dapat memberikan penilaian yang ditinjau dari beberapa aspek dan komentar/masukan untuk penyempurnaan video pembuktian hipotesis yang telah dikembangkan oleh pengembang/peneliti. penilaian pada masing-masing butir dengan memberi tanda centang (√) pada nomor pernyataan penilaian dalam kolom kategori SK (Sangat kurang), K (Kurang), B (Baik) atau SB (Sangat baik) sesuai dengan pendapat Ibu/Bapak.
3. Bila terdapa komentar/masukan mengenai Video Pembuktian Hipotesis yang telah dikembangkan terutama pada hal-hal yang belum terwakili oleh penilaian dalam butir-butir instrumen, Ibu/Bapak dapat menuliskannya pada kolom komentar/masukan yang telah disediakan.

C. Penilaian.

No	Indikator Penilaian	No	Butir penilaian	Alternatif Pilihan			
				SK	K	B	SB
A.	Lugas	1.	Kalimat yang digunakan mewakili isi pesan atau informasi yang ingin disampaikan				
		2.	Kalimat yang digunakan sederhana dan langsung ke sasaran (efektif)				

B.	Komunikatif	1.	Menggunakan bahasa yang komunikatif (mudah dipahami)				
		2.	Bahasa yang digunakan memotivasi siswa untuk menyimak				
C.	Kesesuaian dengan kaidah kebahasaan	1.	Tata kalimat yang digunakan mengacu pada kaidah tata bahasa Indonesia				
		2.	Istilah yang digunakan sesuai dengan Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI)				
		3.	Ejaan yang digunakan mengacu pada pedoman Ejaan Bahasa Indonesia (EBI)				
D.	Penggunaan istilah seperti simbol atau <i>icon</i>	1.	Konsistensi penggunaan istilah				
		2.	Konsistensi penggunaan simbol atau <i>icon</i>				
		3.	Konsistensi penggunaan rumus/persamaan reaksi				
E.	Kesesuaian dengan perkembangan siswa	1.	Bahasa yang digunakan sesuai dengan perkembangan siswa				
		2.	Bahasa yang digunakan sesuai dengan tingkat kematangan emosional siswa				

D. Komentor/Masukan

Komentor dan masukan Ibu/Bapak terutama selain masukan yang sudah terwakili oleh penilaian dalam butir-butir kuesioner mohon dituliskan di bawah ini.



Kesimpulan

Video pembuktian hipotesis (eksperimen) ini dinyatakan*):

1. Layak digunakan tanpa ada revisi.
2. Layak digunakan dengan revisi.
3. Tidak layak digunakan

*): *Lingkari salah satu*

Singaraja, 2023
Validator,

.....
NIP.

LEMBAR PENILAIAN PRAKTISI
TERHADAP VIDEO PEMBUKTIAN HIPOTESIS DALAM MODEL PEMBELAJARAN BERBASIS
MASALAH PADA TOPIK LAJU REAKSI

Judul penelitian : Pengembangan Video Pembuktian Hipotesis Dalam Model Pembelajaran Berbasis Masalah untuk mendukung Lembar Kerja Peserta Didik Pada Topik Laju Reaksi dengan Pendekatan Ilmiah/Saintifik.

Peneliti: Muhammad Yusran

Pokok Bahasan: Laju Reaksi

Validator:

Jabatan : Guru Kimia SMA Negeri 2 Singaraja

A. Tujuan

Tujuan dari Penggunaan instrumen ini adalah untuk mengukur kelayakan Video Pembuktian Hipotesis (eksperimen) dalam mendukung lembar kerja peserta didik Pembelajaran berbasis masalah yang telah dikembangkan (terlampir).

B. Petunjuk

1. Dimohonkan kepada Ibu/Bapak terlebih dahulu mencermati setiap unit pembelajaran (unit 1, 2, dan 3) yang setiap unit mencakup LKPD (bagian a) yang semestinya dicoba untuk diisi oleh peserta didik lebih dahulu terutama untuk bagian awal hingga pembuatan rancangan pembuktian hipotesis dan membaca informasi materi konsepsi ilmiah yang disasar tentang faktor-faktor berpengaruh terhadap laju reaksi (bagian b) yang sekaligus sebagai materi pelajaran penegasan dan remedial dengan organisasi sajian sesuai urutan kegiatan dalam LKPD terkait. Kemudian membuka dan menyimak video eksperimen yang disisipkan dalam LKPD sesi pengumpulan data (a3e) dan/atau dalam fase pengolahan data (LKPD: b3e yang mungkin dilengkapi dengan video aspek mikroskopis dalam fase mengasosiasi setelah pengumpulan data dalam teks materi sesi b) melalui tautan video ke sumber online Video pembuktian hipotesis (eksperimen) sesi a3e menyajikan hubungan variabel bebas, variabel terikat, dan variabel kontrol untuk setiap hipotesis dari setiap konsepsi ilmiah yang diharapkan terbangun melalui PBL.
2. Dimohon Ibu/Bapak dapat memberikan penilaian yang ditinjau dari beberapa aspek dan komentar/masukan untuk penyempurnaan video pembuktian hipotesis yang telah dikembangkan oleh pengembang/peneliti. penilaian pada masing-masing butir dengan memberi tanda centang (√) pada nomor pernyataan penilaian dalam kolom kategori SK (Sangat kurang), K (Kurang), B (Baik) atau SB (Sangat baik) sesuai dengan pendapat Ibu/Bapak.
3. Bila terdapat komentar/masukan mengenai Video Pembuktian Hipotesis yang telah dikembangkan terutama pada hal-hal yang belum terwakili oleh penilaian dalam butir-butir instrumen, Ibu/Bapak dapat menuliskannya pada kolom komentar/masukan yang telah disediakan.

C. Penilaian

No	Indikator Penilaian	No	Butir penilaian	Alternatif Pilihan			
				SK	K	B	SB
A.	Desain tampilan	1.	Ukuran huruf pada judul mudah dibaca dan ukurannya lebih besar dibandingkan ukuran huruf pada bagian isi				
		2.	Jenis huruf yang digunakan memiliki tingkat keterbacaan yang tinggi				
		3.	Penempatan judul, sub judul dan isi (materi/fenomena/informasi lainnya) jelas serta mudah dipahami				
		4.	Kombinasi warna latar belakang nyaman untuk dilihat				
		5.	Kemenarikan desain <i>cover</i> dan isi video pembuktian hipotesis				
B.	Suara, musik, animasi dan gambar	1.	<i>Backsound</i> yang digunakan tidak mengganggu atau tidak menginterferensi penyampaian materi pelajaran				
		2.	Suara presenter/narasi jelas				
		3.	Animasi dan gambar yang digunakan mendukung materi pelajaran				
		4.	Penataan animasi dan gambar yang seimbang				
D.	Bahasa	1.	Bahasa yang digunakan jelas (sederhana dan tidak multi tafsir/tidak menimbulkan makna ganda)				
C.	Penyajian kegiatan pembelajaran	1.	Penyajian isi video yang mengakomodasi pendekatan saintifik 5M secara konsisten yang terintegrasi dalam PBL				
		2.	Konsistensi urutan sajian isi video mengikuti tahap/langkah pembelajaran saintifik				
		3.	Kejelasan sistematika penyajian kegiatan-kegiatan pada video pembuktian hipotesis sesuai dengan pendekatan saintifik terintegrasi dalam PBL				
		4.	Pengantar yang disajikan sudah mampu mengantarkan isi dan konsep materi				
		5.	Kejelasan petunjuk bimbingan penyajian dan atau analisis menuju penarikan kesimpulan melibatkan gambar dan tabel				
		6.	Kejelasan petunjuk dalam mendukung pengarah penarikan kesimpulan terhadap pembuktian hipotesis dan pemaknaan terhadap temuan/kesimpulan				
		7.	Durasi penyajian materi pembelajaran dalam video tepat (tidak terlalu lama atau membosankan)				
E.	Isi	1.	Kejelasan organisasi penyajian konsep dan				

		isi/materi				
		2. Isi dan konteks /proses kegiatan-kegiatan mengoptimalkan pemahaman secara komprehensif (pengetahuan, proses, serta sikap sains) tentang laju reaksi				
		3. Kejelasan bimbingan penyajian dalam pembuktian hipotesis dan analisis data menuju penarikan kesimpulan				
		4. Kejelasan hal-hal yang harus diamati/diukur serta cara penyajian hasil pengamatan dari setiap tahapan penggunaan video yang melibatkan partisipasi siswa				
		5. Keakuratan isi dan fungsi tabel, gambar, dan atau informasi/data yang mendukung penyajian materi secara komprehensif pada aspek makroskopik, sub-mikroskopik, dan simbolik				
		6. Cakupan isi video sesuai dengan karakteristik belajar kimia yakni mengoptimalkan pemberdayaan aspek aspek makroskopik, sub-mikroskopik, dan simbolik				
		7. Pelibatan aspek-aspek keterampilan proses sains (ilmiah) dalam penyajian materi sesuai untuk siswa SMA				
		8. Mendorong rasa ingin tahu/antusiasme				
		9. Menciptakan kemampuan untuk menganalisis informasi yang diperoleh				

D. Komentar/Masukan

Komentar dan masukan Ibu/Bapak terutama selain masukan yang sudah terwakili oleh penilaian dalam butir-butir kuesioner mohon dituliskan di bawah ini.

Kesimpulan

Video pembuktian hipotesis (eksperimen) ini dinyatakan*):

1. Layak digunakan tanpa ada revisi.
2. Layak digunakan dengan revisi.
3. Tidak layak digunakan

*): *Lingkari salah satu*

Singaraja, 2023
Praktisi,

NIP.



Lembar Hasil Penilaian Ahli Isi dan Kontruksi

**LEMBAR PENILAIAN AHLI ISI DAN KONTRUKSI
TERHADAP VIDEO PEMBUKTIAN HIPOTESIS DALAM MODEL PEMBELAJARAN BERBASIS
MASALAH PADA TOPIK LAJU REAKSI**

Judul penelitian : Pengembangan Video Pembuktian Hipotesis Dalam Model Pembelajaran Berbasis Masalah untuk mendukung Lembar Kerja Peserta Didik Pada Topik Laju Reaksi dengan Pendekatan Ilmiah/Saintifik.

Peneliti : Muhammad Yusran

Pokok Bahasan : Laju Reaksi

Validator : Prof. I Wayan Mudarawan, Ph.D.

Jabatan : Dosen Jurusan Kimia

A. Tujuan

Tujuan dari Penggunaan instrumen ini adalah untuk mengukur kelayakan Video Pembuktian Hipotesis (eksperimen) dalam mendukung lembar kerja peserta didik pembelajaran berbasis masalah yang telah dikembangkan (terlampir).

B. Petunjuk

1. Dimohonkan kepada Ibu/Bapak terlebih dahulu mencermati setiap unit pembelajaran (unit 1, 2, dan 3) yang setiap unit mencakup LKPD (bagian a) yang semestinya dicoba untuk diisi oleh peserta didik lebih dahulu terutama untuk bagian awal hingga pembuatan rancangan pembuktian hipotesis dan membaca informasi materi konsepsi ilmiah yang disasar tentang faktor-faktor berpengaruh terhadap laju reaksi (bagian b) yang sekaligus sebagai materi pelajaran penerangan dan remedial dengan organisasi sajian sesuai urutan kegiatan dalam LKPD terkait. Kemudian membuka dan menyimak video eksperimen yang disisipkan dalam LKPD sesi pengumpulan data (a3e) dan/atau dalam fase pengolahan data (LKPD b3e yang mungkin dilengkapi dengan video aspek mikroskopis dalam fase mengasosiasi setelah pengumpulan data dalam teks materi sesi b) melalui tautan video ke sumber online Video pembuktian hipotesis (eksperimen) sesi a3e menyajikan hubungan variabel bebas, variabel terikat, dan variabel kontrol untuk setiap hipotesis dari setiap konsepsi ilmiah yang diharapkan terbangun melalui PBL.
2. Dimohon Ibu/Bapak dapat memberikan penilaian yang ditinjau dari beberapa aspek dan komentar/masukan untuk penyempurnaan video pembuktian hipotesis yang telah dikembangkan oleh pengembang/peneliti. penilaian pada masing-masing butir dengan memberi tanda centang (✓) pada nomor pernyataan penilaian dalam kolom kategori SK (Sangat kurang), K (Kurang), B (Baik) atau SB (Sangat baik) sesuai dengan pendapat Ibu/Bapak.
3. Bila terdapat komentar/masukan mengenai Video Pembuktian Hipotesis yang telah dikembangkan terutama pada hal-hal yang belum terwakili oleh penilaian dalam butir-butir instrumen, Ibu/Bapak dapat menuliskannya pada kolom komentar/masukan yang telah disediakan.

C. Penilaian

No	Indikator Penilaian	No	Butir Penilaian	SK	K	B	SB
I. Kelayakan isi pada video pembuktian hipotesis							
A.	Kesesuaian isi	1	Kesesuaian/relevansi isi dan konteks/proses kegiatan-kegiatan mengoptimalkan pemahaman secara komprehensif (pengetahuan, proses, dan sikap sains) tentang laju reaksi.				✓
		2	Kesesuaian dan kejelasan organisasi penyajian konsep dan isi/materi pembelajaran secara keseluruhan dalam LKPD melalui pembelajaran berbasis masalah sebagai salah satu model pembelajaran dengan pendekatan saintifik.				✓
		3	Kesesuaian penyajian variasi nilai variabel bebas (sebab) dan pengukuran/pengamatan variasi nilai variabel terikat (akibat) dalam pembuktian hipotesis.			✓	✗
		4	Kesesuaian analisis data menuju penarikan kesimpulan.				
B.	Keakuratan materi	1	Keakuratan informasi faktual, prosedural, dan konseptual secara keseluruhan (konsepsi ilmiah sebab-akibat) dalam LKPD yang diperkuat dengan data eksperimen dalam video				✓
		2	Keberanian hal-hal yang harus diamati/diukur dan catatan data hasil pengukuran dalam video eksperimen (pembuktian hipotesis) dan informasi pendukung lainnya dalam LKPD yang melibatkan partisipasi siswa				✓
		3	Keberanian data dalam video untuk mendukung analisis data menuju penarikan kesimpulan (pembuktian hipotesis) yang melibatkan penggunaan gambar dan/atau tabel dalam LKPD.				✓
		4	Keakuratan isi dan fungsi tabel, gambar, dan/atau informasi/data yang bersinergi dengan video dalam mendukung penyajian materi secara komprehensif pada aspek makroskopis, aspek sub-mikroskopis, dan aspek simbolik.				✓

C	Kemutakhiran materi	1	Cakupan isi video bersama dengan informasi lain media dalam LKPD sesuai dengan karakteristik belajar kimia yakni mengoptimalkan pemberdayaan aspek makroskopik, aspek sub-mikroskopik, dan aspek simbolik.			✓	
		2	Pelibatan aspek-aspek keterampilan proses sains (ilmiah) dalam penyajian materi secara terintegrasi dalam LKPD sesuai untuk siswa SMA				✓
D	Mendorong rasa keingintahuan	1	Video secara keseluruhan dalam LKPD mendorong rasa ingin tahu/antusiasme				✓
		2	Menciptakan kemampuan untuk menganalisis atas informasi yang diperoleh				✓
E	Teknik Penyajian	1	Kejelasan sajian video pembuktian hipotesis secara terintegrasi dalam LKPD memfasilitasi PBL sebagai salah satu model pembelajaran dengan pendekatan saintifik 5M dengan penalaran induktif				✓
		2	Konsistensi sajian isi video secara terintegrasi dalam LKPD memfasilitasi PBL sebagai salah satu model pembelajaran dengan pendekatan saintifik				✓
		3	Ketepatan video dalam konteks durasi, merangsang penyimak, dan menghindari kebosanan penyimak dengan penyajian rekaman proses pengambilan data dan catatan data utama/pokok (sekitar 5 menit) sebagai kegiatan inti dalam pembuktian hipotesis yang harus divisualkan dalam sebuah model pembelajaran dengan pendekatan ilmiah.				✓
F	Sajian kegiatan-kegiatan pendukung secara keseluruhan (LKPD PBL) yang melibatkan fasilitas video pembuktian hipotesis (eksperimen)	1	Kejelasan sistematika penyajian kegiatan-kegiatan				✓
		2	Pengantar yang disajikan mampu mengantarkan konstruksi konsepsi ilmiah yang disasar.				✓
		3	Kejelasan petunjuk/bimbingan penyajian dan/atau analisis (dalam LKPD dan Video) menuju penarikan kesimpulan yang melibatkan penggunaan gambar dan tabel				✓

	4	Kejelasan gambar atau tabel dalam menguatkan penyajian informasi dalam konstruksi konsepsi ilmiah yang disasar.				✓
	5	Petunjuk dalam LKPD dan video mendukung pengarah penarikan kesimpulan dan pemaknaan terhadap temuan/kesimpulan				✓

D. Komentar/Masukan

Komentar dan masukan Ibu/Bapak terutama selain masukan yang sudah terwakili oleh penilaian dalam butir-butir kuesioner mohon dituliskan di bawah ini.

Hipotesis : Reaksi .



Variabel Bebas : pereaksi, st

Variabel Terikat : waktu → s [th]

Variabel Kontrol : tekanan, suhu, [trial]

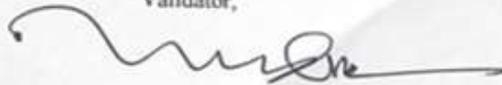
Kesimpulan

Video pembuktian hipotesis (eksperimen) ini dinyatakan*):

1. Layak digunakan tanpa ada revisi.
2. Layak digunakan dengan revisi.
3. Tidak layak digunakan

*): Lingkari salah satu

Singaraja, 1 Maret 2023
Validator,



Prof. I Wawan Mudrawan, Ph.D.
NIP 196010091985031002

Lembar Hasil Penilaian Ahli Media

LEMBAR PENILAIAN AHLI MEDIA
TERHADAP VIDEO PEMBUKTIAN HIPOTESIS DALAM MODEL PEMBELAJARAN BERBASIS
MASALAH PADA TOPIK LAJU REAKSI

Judul penelitian : Pengembangan Video Pembuktian Hipotesis Dalam Model Pembelajaran Berbasis Masalah untuk mendukung Lembar Kerja Peserta Didik Pada Topik Laju Reaksi dengan Pendekatan Ilmiah Sainifik.

Peneliti : Muhammad Yusran

Pokok Bahasan : Laju Reaksi

Validator : Dr. I Komang Sudarma, S.Pd., M.Pd.

Jabatan : Dosen FIP Undiksha

A. Tujuan
 Tujuan dari Penggunaan instrumen ini adalah untuk mengukur kelayakan Video Pembuktian Hipotesis (eksperimen) dalam mendukung lembar kerja peserta didik Pembelajaran berbasis masalah yang telah dikembangkan (terlampir).

B. Petunjuk

1. Dimohonkan kepada Ibu/Bapak terlebih dahulu mencermati setiap unit pembelajaran (unit 1, 2, dan 3) yang setiap unit mencakup LKPD (bagian a) yang semestinya dicoba untuk diisi oleh peserta didik lebih dahulu terutama untuk bagian awal hingga pembuatan rancangan pembuktian hipotesis dan membaca informasi materi konsepsi ilmiah yang disasar tentang faktor-faktor berpengaruh terhadap laju reaksi (bagian b) yang sekaligus sebagai materi pelajaran penegasan dan remedial dengan organisasi sajian sesuai urutan kegiatan dalam LKPD terkait. Kemudian membuka dan menyimak video eksperimen yang disisipkan dalam LKPD sesi pengumpulan data (a3e) dan/atau dalam fase pengolahan data (LKPD: b3e yang mungkin dilengkapi dengan video aspek mikroskopis dalam fase mengasosiasi setelah pengumpulan data dalam teks materi sesi b) melalui tautan video ke sumber online Video pembuktian hipotesis (eksperimen) sesi a3e menyajikan hubungan variabel bebas, variabel terikat, dan variabel kontrol untuk setiap hipotesis dari setiap konsepsi ilmiah yang diharapkan terbangun melalui PBL.
2. Dimohon Ibu/Bapak dapat memberikan penilaian yang ditinjau dari beberapa aspek dan komentar/masukan untuk penyempurnaan video pembuktian hipotesis yang telah dikembangkan oleh pengembang/peneliti. penilaian pada masing-masing butir dengan memberi tanda centang (√) pada nomor pernyataan penilaian dalam kolom kategori SK (Sangat kurang), K (Kurang), B (Baik) atau SB (Sangat baik) sesuai dengan pendapat Ibu/Bapak.
3. Bila terdapat komentar/masukan mengenai Video Pembuktian Hipotesis yang telah dikembangkan terutama pada hal-hal yang belum terwakili oleh penilaian dalam butir-butir instrumen, Ibu/Bapak dapat menuliskannya pada kolom komentar/masukan yang telah disediakan.

C. Penilaian.

No	Indikator Penilaian	No	Butir penilaian	Alternatif Pilihan			
				SK	K	B	SB
A.	Gambar dan latar belakang	1.	Gambar yang digunakan sesuai dengan materi yang disajikan				✓
		2.	Gambar dan latar belakang yang digunakan memiliki kualitas baik				✓
		3.	Gambar dan latar belakang yang digunakan menarik				✓
		4.	Gambar dan latar belakang yang digunakan memiliki ukuran yang proporsional				✓
		5.	Tata letak gambar yang digunakan sesuai				✓
B.	Animasi dan transisi	1.	Animasi dan warna yang digunakan menarik				
		2.	Transisi yang digunakan menarik				
C.	Teks	1.	Jenis huruf dan warna yang digunakan pada teks menarik			✓	
		2.	Ukuran huruf yang digunakan proporsional				✓
		3.	Teks yang ditampilkan dapat terbaca dengan jelas				✓
D.	Tabel	1.	Tabel yang digunakan menarik			✓	
		2.	Tabel yang digunakan memiliki ukuran yang proporsional			✓	
		3.	Tata letak tabel yang digunakan sesuai			✓	
E.	Suara dan musik	1.	Musik yang digunakan tidak mengganggu suara presenter			✓	
		2.	Musik yang digunakan menarik			✓	
		3.	Suara presenter/narasi jelas				✓
		4.	Kecepatan suara presenter/narasi sesuai dengan materi yang disampaikan				✓
F.	Penyajian kegiatan pembelajaran	1.	Durasi penyajian materi pembelajaran dalam video tepat (tidak terlalu lama atau membosankan)				✓
		2.	Penyajian materi pembelajaran dapat mempermudah siswa dalam memahami materi				✓
G.	Potongan video	1.	Video yang disajikan sesuai dengan materi				✓
		2.	Video yang disajikan jelas				✓
		3.	Video percobaan telah sesuai dengan judul percobaan yang akan dilakukan				✓

		4	Video pembelajaran dapat membantu siswa dalam mengisi isian LKS/LKPD bagian membimbing penyelidikan individu maupun kelas (atau M3)					✓
--	--	---	---	--	--	--	--	---

Komentar/Masukan

Komentar dan masukan Ibu/Bapak terutama selain masukan yang sudah terwakili oleh penilaian dalam butir-butir kuesioner mohon dituliskan di bawah ini.

1. Belum ada opening (sapaan/pengantar) utli materi pada media
2. Musik efect belum terdengar
3. Beberapa ulosan tiworo di perkecil.
4. Teles dan Narasi harus full on
5. Perhitung penggunaan video/media Wapb ada
6. Closing ada ucapan terima kasih pada pihak yg membantu.

Kesimpulan

Video pembuktian hipotesis (eksperimen) ini dinyatakan*):

1. Layak digunakan tanpa ada revisi.
2. Layak digunakan dengan revisi.
3. Tidak layak digunakan

*): Lingkari salah satu

Singaraja, 2023
Validator,



Dr. I Komang Swetarma, S. Pd., M. Pd.
NIP. 1972 04 20 2001121 001

Lembar Hasil Penilaian Ahli Bahasa

**LEMBAR PENILAIAN AHLI ISI BAHASA TERHADAP VIDEO PEMBUKTIAN HIPOTESIS
DALAM MODEL PEMBELAJARAN BERBASIS MASALAH PADA TOPIK LAJU REAKSI**

Judul penelitian	: Pengembangan Video Pembuktian Hipotesis Dalam Model Pembelajaran Berbasis Masalah untuk mendukung Lembar Kerja Peserta Didik Pada Topik Laju Reaksi dengan Pendekatan Ilmiah/Saintifik.
Peneliti	: Muhammad Yusran
Pokok Bahasan	: Laju Reaksi
Validator	: Dr. Kadek Wirahyuni, S.Pd., M.Pd.
Jabatan	: Dosen

A. Tujuan

Tujuan dari Penggunaan instrumen ini adalah untuk mengukur kelayakan Video Pembuktian Hipotesis (eksperimen) dalam mendukung lembar kerja peserta didik Pembelajaran berbasis masalah yang telah dikembangkan (terlampir).

B. Petunjuk

1. Dimohonkan kepada Ibu/Bapak terlebih dahulu mencermati setiap unit pembelajaran (unit 1, 2, dan 3) yang setiap unit mencakup LKPD (bagian a) yang semestinya dicoba untuk diisi oleh peserta didik lebih dahulu terutama untuk bagian awal hingga pembuatan rancangan pembuktian hipotesis dan membaca informasi materi konsepsi ilmiah yang disasar tentang faktor-faktor berpengaruh terhadap laju reaksi (bagian b) yang sekaligus sebagai materi pelajaran penegasan dan remedial dengan organisasi sajian sesuai urutan kegiatan dalam LKPD terkait. Kemudian membuka dan menyimak video eksperimen yang disisipkan dalam LKPD sesi pengumpulan data (a3e) dan/atau dalam fase pengolahan data (LKPD: b3e yang mungkin dilengkapi dengan video aspek mikroskopis dalam fase mengasosiasi setelah pengumpulan data dalam teks materi sesi b) melalui tautan video ke sumber online Video pembuktian hipotesis (eksperimen) sesi a3e menyajikan hubungan variabel bebas, variabel terikat, dan variabel kontrol untuk setiap hipotesis dari setiap konsepsi ilmiah yang diharapkan terbangun melalui PBL
2. Dimohon Ibu/Bapak dapat memberikan penilaian yang ditinjau dari beberapa aspek dan komentar/masukan untuk penyempurnaan video pembuktian hipotesis yang telah dikembangkan oleh pengembang/peneliti. penilaian pada masing-masing butir dengan memberi tanda centang (√) pada nomor pernyataan penilaian dalam kolom kategori SK (Sangat kurang), K (Kurang), B (Baik) atau SB (Sangat baik) sesuai dengan pendapat Ibu/Bapak.
3. Bila terdapa komentar/masukan mengenai Video Pembuktian Hipotesis yang telah dikembangkan terutama pada hal-hal yang belum terwakili oleh penilaian dalam butir-butir instrumen, Ibu/Bapak dapat menuliskannya pada kolom komentar/masukan yang telah disediakan.

C. Penilaian.

No	Indikator Penilaian	No	Butir penilaian	Alternatif Pilihan			
				SK	K	B	SB
A.	Lugas	1.	Kalimat yang digunakan mewakili isi pesan atau informasi yang ingin disampaikan				√
		2.	Kalimat yang digunakan sederhana dan langsung ke sasaran (efektif)			√	
B.	Komunikatif	1.	Menggunakan bahasa yang komunikatif (mudah dipahami)			√	
		2.	Bahasa yang digunakan memotivasi siswa untuk menyimak				√
C.	Kesesuaian dengan kaidah kebahasaan	1.	Tata kalimat yang digunakan mengacu pada kaidah tata bahasa Indonesia			√	
		2.	Istilah yang digunakan sesuai dengan Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI)				√
		3.	Ejaan yang digunakan mengacu pada pedoman Ejaan Bahasa Indonesia (EBI)			√	
D.	Penggunaan istilah seperti simbol atau <i>icon</i>	1.	Konsistensi penggunaan istilah				√
		2.	Konsistensi penggunaan simbol atau <i>icon</i>				√
		3.	Konsistensi penggunaan rumus/persamaan reaksi				√
E.	Kesesuaian dengan perkembangan siswa	1.	Bahasa yang digunakan sesuai dengan perkembangan siswa			√	
		2.	Bahasa yang digunakan sesuai dengan tingkat kematangan emosional siswa				√

D. Komentar/Masukan

Komentar dan masukan Ibu/Bapak terutama selain masukan yang sudah terwakili oleh penilaian dalam butir-butir kuesioner mohon dituliskan di bawah ini.

Perbaikan sudah ditandai di produk. Banyak kalimat yang tidak isi tanda baca, banyak terdapat kalimat yang tidak efektif, kalimat terlalu banyak penjelasan melalui tanda kurung, masih terdapat kesalahan ketik dan kesalahan ejaan, masih terdapat konjungsi yang kurang tepat. Perbaiki sesuai masukan yang ada di pdf.

Kesimpulan

Video pembuktian hipotesis (eksperimen) ini dinyatakan*):

1. Layak digunakan tanpa ada revisi.
2. Layak digunakan dengan revisi.
3. Tidak layak digunakan

*): *Lingkari salah satu*

Singaraja, 8 April 2023

Validator,



Dr. Kadek Wirahyuni, S.Pd., M.Pd.

NIP 198705272015042001

**LEMBAR PENILAIAN PRAKTISI
TERHADAP VIDEO PEMBUKTIAN HIPOTESIS DALAM MODEL PEMBELAJARAN BERBASIS
MASALAH PADA TOPIK LAJU REAKSI**

Judul penelitian : Pengembangan Video Pembuktian Hipotesis Dalam Model Pembelajaran Berbasis Masalah untuk mendukung Lembar Kerja Peserta Didik Pada Topik Laju Reaksi dengan Pendekatan Ilmiah/Saintifik.

Peneliti : Muhammad Yusran

Pokok Bahasan : Laju Reaksi

Validator : Ni Made Parseni, S.Pd

Jabatan : Guru Kimia SMA Negeri 2 Singaraja

A. Tujuan

Tujuan dari Penggunaan instrumen ini adalah untuk mengukur kelayakan Video Pembuktian Hipotesis (eksperimen) dalam mendukung lembar kerja peserta didik Pembelajaran berbasis masalah yang telah dikembangkan (terlampir).

B. Petunjuk

1. Dimohonkan kepada Ibu/Bapak terlebih dahulu mencermati setiap unit pembelajaran (unit 1, 2, dan 3) yang setiap unit mencakup LKPD (bagian a) yang semestinya dicoba untuk diisi oleh peserta didik lebih dahulu terutama untuk bagian awal hingga pembuatan rancangan pembuktian hipotesis dan membaca informasi materi konsepsi ilmiah yang disasar tentang faktor-faktor berpengaruh terhadap laju reaksi (bagian b) yang sekaligus sebagai materi pelajaran penegasan dan remedial dengan organisasi sajian sesuai urutan kegiatan dalam LKPD terkait. Kemudian membuka dan menyimak video eksperimen yang disisipkan dalam LKPD sesi pengumpulan data (a3e) dan/atau dalam fase pengolahan data (LKPD: b3e yang mungkin dilengkapi dengan video aspek mikroskopis dalam fase mengasosiasi setelah pengumpulan data dalam teks materi sesi b) melalui tautan video ke sumber online Video pembuktian hipotesis (eksperimen) sesi a3e menyajikan hubungan variabel bebas, variabel terikat, dan variabel kontrol untuk setiap hipotesis dari setiap konsepsi ilmiah yang diharapkan terbangun melalui PBL.
2. Dimohon Ibu/Bapak dapat memberikan penilaian yang ditinjau dari beberapa aspek dan komentar/masukan untuk penyempurnaan video pembuktian hipotesis yang telah dikembangkan oleh pengembang/peneliti. penilaian pada masing-masing butir dengan memberi tanda centang (✓) pada nomor pernyataan penilaian dalam kolom kategori SK (Sangat kurang), K (Kurang), B (Baik) atau SB (Sangat baik) sesuai dengan pendapat Ibu/Bapak.
3. Bila terdapat komentar/masukan mengenai Video Pembuktian Hipotesis yang telah dikembangkan terutama pada hal-hal yang belum terwakili oleh penilaian dalam butir-butir instrumen, Ibu/Bapak dapat menuliskannya pada kolom komentar/masukan yang telah disediakan.

C. Penilaian

No	Indikator Penilaian	No	Butir penilaian	Alternatif Pilihan			
				SK	K	B	SB
A.	Desain tampilan	1.	Ukuran huruf pada judul mudah dibaca dan ukurannya lebih besar dibandingkan ukuran huruf pada bagian isi				✓
		2.	Jenis huruf yang digunakan memiliki tingkat keterbacaan yang tinggi				✓
		3.	Penempatan judul, sub judul dan isi (materi/fenomena/informasi lainnya) jelas serta mudah dipahami				✓
		4.	Kombinasi warna latar belakang nyaman untuk dilihat			✓	
		5.	Kemenarikan desain <i>cover</i> dan isi video pembuktian hipotesis				✓
B.	Suara, musik, animasi dan gambar	1.	<i>Backsound</i> yang digunakan tidak mengganggu atau tidak menginterferensi penyampaian materi pelajaran				✓
		2.	Suara presenter/narasi jelas				✓
		3.	Animasi dan gambar yang digunakan mendukung materi pelajaran				✓
		4.	Penataan animasi dan gambar yang seimbang			✓	
D.	Bahasa	1.	Bahasa yang digunakan jelas (sederhana dan tidak multi tafsir/tidak menimbulkan makna ganda)			✓	
C.	Penyajian kegiatan pembelajaran	1.	Penyajian isi video yang mengakomodasi pendekatan saintifik 5M secara konsisten yang terintegrasi dalam PBL.			✓	
		2.	Konsistensi urutan sajian isi video mengikuti tahap/langkah pembelajaran saintifik				✓
		3.	Kejelasan sistematika penyajian kegiatan-kegiatan pada video pembuktian hipotesis sesuai dengan pendekatan saintifik terintegrasi dalam PBL.				✓
		4.	Pengantar yang disajikan sudah mampu mengantarkan isi dan konsep materi			✓	
		5.	Kejelasan petunjuk bimbingan penyajian dan atau analisis menuju penarikan kesimpulan melibatkan gambar dan tabel				✓
		6.	Kejelasan petunjuk dalam mendukung pengarah penarikan kesimpulan terhadap pembuktian hipotesis dan pemaknaan terhadap temuan/kesimpulan			✓	

		7.	Durasi penyajian materi pembelajaran dalam video tepat (tidak terlalu lama atau membosankan)				✓
E.	Isi	1.	Kejelasan organisasi penyajian konsep dan isi/materi				✓
		2.	Isi dan konteks /proses kegiatan-kegiatan mengoptimalkan pemahaman secara komprehensif (pengetahuan, proses, serta sikap sains) tentang laju reaksi				✓
		3.	Kejelasan bimbingan penyajian dalam pembuktian hipotesis dan analisis data menuju penarikan kesimpulan			✓	
		4.	Kejelasan hal-hal yang harus diamati/diukur serta cara penyajian hasil pengamatan dari setiap tahapan penggunaan video yang melibatkan partisipasi siswa			✓	
		5.	Keakuratan isi dan fungsi tabel, gambar, dan atau informasi/data yang mendukung penyajian materi secara komprehensif pada aspek makroskopik, sub-mikroskopik, dan simbolik			✓	
		6.	Cakupan isi video sesuai dengan karakteristik belajar kimia yakni mengoptimalkan pemberdayaan aspek aspek makroskopik, sub-mikroskopik, dan simbolik			✓	
		7.	Pelibatan aspek-aspek keterampilan proses sains (ilmiah) dalam penyajian materi sesuai untuk siswa SMA			✓	
		8.	Mendorong rasa ingin tahu/antusiasme				✓
		9.	Menciptakan kemampuan untuk menganalisis informasi yang diperoleh				✓

D. Komentar/Masukan

Komentar dan masukan Ibu/Bapak terutama selain masukan yang sudah terwakili oleh penilaian dalam butir-butir kuesioner mohon dituliskan di bawah ini.

Pengajian Video pembelajaran tentang faktor-faktor yang mempengaruhi laju Reaksi sangat bagus di terapkan di kelas. karena waktu untuk praktikum langsung di lab terbatas.

Kesimpulan

Video pembuktian hipotesis (eksperimen) ini dinyatakan*):

- ① Layak digunakan tanpa ada revisi.
2. Layak digunakan dengan revisi.
3. Tidak layak digunakan

*): Lingkari salah satu

Singaraja, 11 APRIL 2023
Praktisi,

NI MADE PARSEN, S.Pd
NIP. 196408251987032020

LEMBAR PENILAIAN PRAKTIKI
TERHADAP VIDEO PEMBUKTIAN HIPOTESIS DALAM MODEL PEMBELAJARAN BERBASIS
MASALAH PADA TOPIK LAJU REAKSI

Judul penelitian : Pengembangan Video Pembuktian Hipotesis Dalam Model Pembelajaran Berbasis Masalah untuk mendukung Lembar Kerja Peserta Didik Pada Topik Laju Reaksi dengan Pendekatan Ilmiah/Saintifik.

Peneliti : Muhammad Yusran

Pokok Bahasan : Laju Reaksi

Validator : Wayan Jamurriawan, S-Pd., M.Si.

Jabatan : Guru Kimia SMA

A. Tujuan

Tujuan dari Penggunaan instrumen ini adalah untuk mengukur kelayakan Video Pembuktian Hipotesis (eksperimen) dalam mendukung lembar kerja peserta didik Pembelajaran berbasis masalah yang telah dikembangkan (terlampir).

B. Petunjuk

1. Dimohonkan kepada Ibu/Bapak terlebih dahulu mencermati setiap unit pembelajaran (unit 1, 2, dan 3) yang setiap unit mencakup LKPD (bagian a) yang semestinya dicoba untuk diisi oleh peserta didik lebih dahulu terutama untuk bagian awal hingga pembuatan rancangan pembuktian hipotesis dan membaca informasi materi konsepsi ilmiah yang disasar tentang faktor-faktor berpengaruh terhadap laju reaksi (bagian b) yang sekaligus sebagai materi pelajaran penegasan dan remedial dengan organisasi sejalan sesuai urutan kegiatan dalam LKPD terkait. Kemudian membuka dan menyimak video eksperimen yang disisipkan dalam LKPD sesi pengumpulan data (a3e) dan/atau dalam fase pengolahan data (LKPD: b3e yang mungkin dilengkapi dengan video aspek mikroskopis dalam fase mengasosiasi setelah pengumpulan data dalam teks materi sesi b) melalui tautan video ke sumber online Video pembuktian hipotesis (eksperimen) sesi a3e menyajikan hubungan variabel bebas, variabel terikat, dan variabel kontrol untuk setiap hipotesis dari setiap konsepsi ilmiah yang diharapkan terbangun melalui PBL.
2. Dimohon Ibu/Bapak dapat memberikan penilaian yang ditinjau dari beberapa aspek dan komentar/masukan untuk penyempurnaan video pembuktian hipotesis yang telah dikembangkan oleh pengembang/peneliti. penilaian pada masing-masing butir dengan memberi tanda centang (√) pada nomor pernyataan penilaian dalam kolom kategori SK (Sangat kurang), K (Kurang), B (Baik) atau SB (Sangat baik) sesuai dengan pendapat Ibu/Bapak.
3. Bila terdapat komentar/masukan mengenai Video Pembuktian Hipotesis yang telah dikembangkan terutama pada hal-hal yang belum terwakili oleh penilaian dalam butir-butir instrumen, Ibu/Bapak dapat menuliskannya pada kolom komentar/masukan yang telah disediakan.

C. Penilaian

No	Indikator Penilaian	No	Butir penilaian	Alternatif Pilihan			
				SK	K	B	SB
A	Desain tampilan	1.	Ukuran huruf pada judul mudah dibaca dan ukurannya lebih besar dibandingkan ukuran huruf pada bagian isi			✓	
		2.	Jenis huruf yang digunakan memiliki tingkat keterbacaan yang tinggi			✓	
		3.	Penempatan judul, sub judul dan isi (materi/fenomena/informasi lainnya) jelas serta mudah dipahami			✓	
		4.	Kombinasi warna latar belakang nyaman untuk dilihat			✓	
		5.	Kemernarikan desain cover dan isi video pembuktian hipotesis			✓	
B	Suara, musik, animasi dan gambar	1.	<i>Background</i> yang digunakan tidak mengganggu atau tidak menginterferensi penyampaian materi pelajaran				✓
		2.	Suara presenter/narasi jelas				✓
		3.	Animasi dan gambar yang digunakan mendukung materi pelajaran				✓
		4.	Penataan animasi dan gambar yang seimbang				✓
D	Bahasa	1.	Bahasa yang digunakan jelas (sederhana dan tidak multi tafsir/tidak menimbulkan makna ganda)				✓
C	Penyajian kegiatan pembelajaran	1.	Penyajian isi video yang mengakomodasi pendekatan saintifik 5M secara konsisten				✓
		2.	Konsistensi urutan sajian isi video mengikuti tahap/langkah pembelajaran saintifik				✓
		3.	Kejelasan sistematis penyajian kegiatan-kegiatan pada video pembuktian hipotesis sesuai dengan pendekatan saintifik terintegrasi dalam PBL				✓
		4.	Pengantar yang disajikan sudah mampu mengantarkan isi dan konsep materi			✓	
		5.	Kejelasan petunjuk bimbingan penyajian dan atau analisis menuju penarikan kesimpulan melibatkan gambar dan tabel			✓	
		6.	Kejelasan petunjuk dalam mendukung pengarah penarikan kesimpulan terhadap pembuktian hipotesis dan pemaknaan terhadap temuan/kesimpulan				✓
		7.	Durasi penyajian materi pembelajaran dalam video tepat (tidak terlalu lama atau membosankan)				✓
E	Isi	1.	Kejelasan organisasi penyajian konsep dan isi/materi				✓
		2.	Isi dan konteks /proses kegiatan-kegiatan mengoptimalkan pemahaman secara komprehensif (pengetahuan, proses, serta sikap sains) tentang reaksi redoks dan elektrokimia				✓

	3	Kejelasan bimbingan penyajian dalam pembuktian hipotesis dan analisis data menuju penarikan kesimpulan			✓	
	4	Kejelasan hal-hal yang harus diamati/diukur serta cara penyajian hasil pengamatan dari setiap tahapan penggunaan video yang melibatkan partisipasi siswa				✓
	5	Keakuratan isi dan fungsi tabel, gambar, dan atau informasi/data yang mendukung penyajian materi secara komprehensif pada aspek makroskopik, sub-mikroskopik, dan simbolik				✓
	6	Cakupan isi video sesuai dengan karakteristik belajar kimia yakni mengoptimalkan pemberdayaan aspek aspek makroskopik, sub-mikroskopik, dan simbolik			✓	
	7	Pelibatan aspek-aspek keterampilan proses sains (ilmiah) dalam penyajian materi sesuai untuk siswa SMA				✓
	8	Mendorong rasa ingin tahu/antusiasme			✓	
	9	Menciptakan kemampuan untuk menganalisis informasi yang diperoleh				✓

D. Komentar/Masukan

Komentar dan masukan Ibu/Bapak terutama selain masukan yang sudah terwakili oleh penilaian dalam butir-butir kuesioner mohon dituliskan di bawah ini

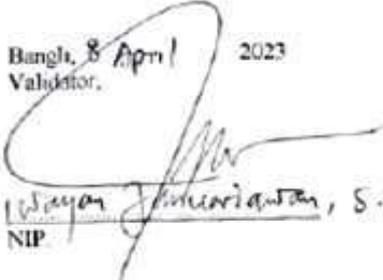
Kesimpulan

Video pembuktian hipotesis (eksperimen) ini dinyatakan*

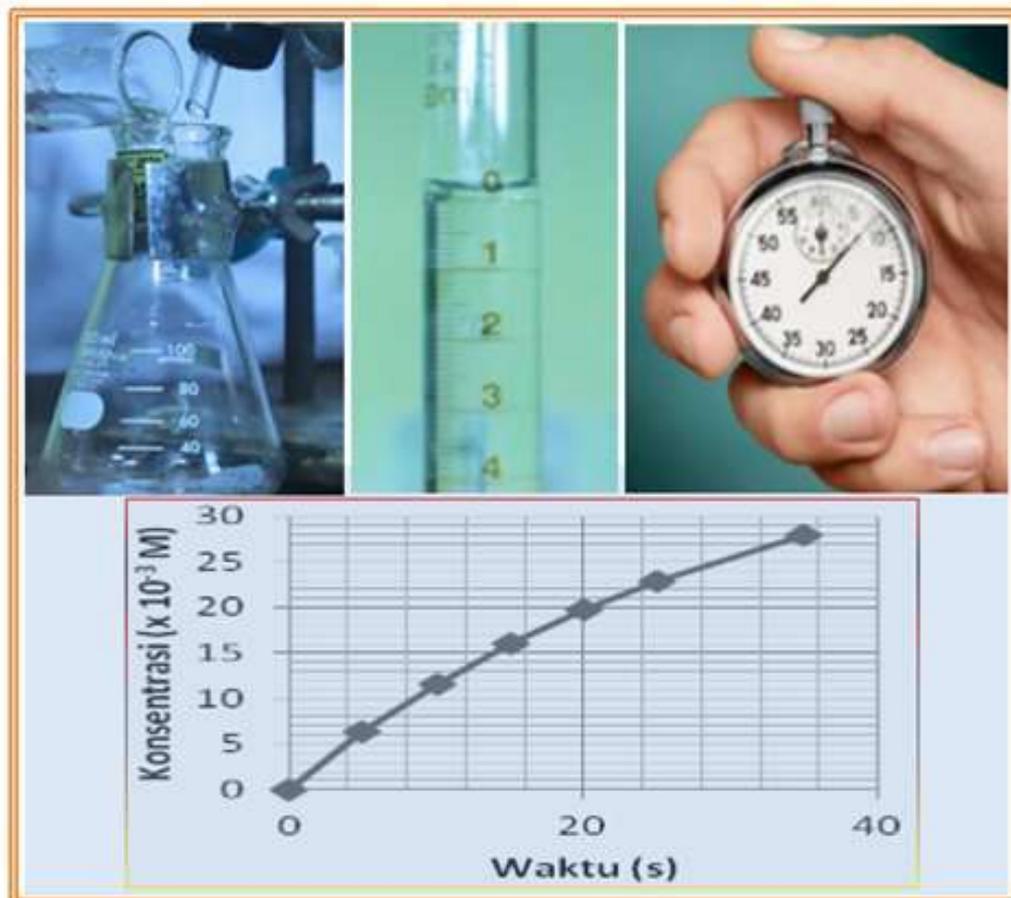
1. Layak digunakan tanpa ada revisi.
2. Layak digunakan dengan revisi.
3. Tidak layak digunakan

*): *Lingkari salah satu*

Bangli, 8 April 2023
 Validator,


 Wiyan Jumarantun, S.Pd, M.Si
 NIP.

UNIT I : TAUTAN PRESENTASI VIDEO EKSPERIMEN DALAM LKPD PBL EKSPRESI LAJU REAKSI, LAJU REAKSI RATA-RATA DAN SESAAT



NAMA :

KELAS :

NO. ABSEN :



Setiap unit pembelajaran secara umum menyajikan (a) lembar kerja peserta didik, (b) informasi materi rasional konsepsi ilmiah, dan (c) tugas kelompok dan perorangan.

A. Lembar Kerja Peserta Didik

1. Orientasi Siswa terhadap Masalah

Tujuan pembelajaran sikap

- 1) Siswa menyadari dan mengakui adanya laju reaksi dan peranannya di alam.
- 2) Siswa menunjukkan rasa ingin tahu/ antusiasme dan disiplin dalam belajar melalui percobaan.
- 3) Siswa menunjukkan perilaku objektif (jujur dan terbuka) melalui diskusi.
- 4) Siswa menunjukkan keuletan dan ketelitian dalam belajar melalui pengolahan dan analisis data.
- 5) Siswa berpikir kreatif dan inovatif dalam memecahkan masalah saat pembelajaran melalui pendekatan saintifik.
- 6) Siswa menunjukkan sikap bertanggung jawab melalui pelaksanaan kegiatan selama pembelajaran.
- 7) Siswa menunjukkan kerja sama dan toleransi melalui diskusi.
- 8) Siswa menunjukkan perilaku santun dan cinta damai selama pembelajaran.

Tujuan pengetahuan dan keterampilan

- 9) Siswa mampu merancang, melakukan dan menyimpulkan, serta menyajikan hasil percobaan/eksperimen ekspresi (pengertian/) laju reaksi.
- 10) Siswa mampu merumuskan pengertian laju reaksi dari data eksperimen/investigasi.
- 11) Siswa mampu merancang, menganalisis, menyimpulkan, dan menyajikan konsepsi ilmiah laju reaksi rata-rata berdasarkan grafik perubahan konsentrasi terhadap waktu untuk interval tertentu.
- 12) Siswa mampu menentukan laju reaksi rata-rata dari grafik perubahan konsentrasi terhadap waktu melalui diskusi kelompok kecil.
- 13) Siswa mampu merancang, menganalisis, menyimpulkan, dan menyajikan konsepsi ilmiah laju reaksi sesaat berdasarkan grafik perubahan konsentrasi terhadap waktu pada suatu titik waktu dari suatu reaksi.
- 14) Siswa mampu menentukan laju reaksi sesaat dari grafik perubahan konsentrasi terhadap waktu melalui diskusi kelompok kecil.
- 15) Siswa mampu menganalisis ciri umum laju reaksi dari grafik konsentrasi terhadap waktu selama reaksi berlangsung.

2. Mengorganisasikan Siswa untuk Belajar

a. Teks pengantar (berisi fenomena)

Dalam kehidupan sehari-hari, kita sering menemukan adanya peristiwa seperti perkaratan besi, pembusukan makanan, pematangan buah di pohon, pembusukan sisa organisme, proses pembakaran sampah serta reaksi kimia yang terjadi di dalam saluran

pencernaan sesaat setelah makan, dan lain sebagainya. Semua peristiwa tersebut merupakan contoh dari reaksi kimia.

Reaksi kimia merupakan perubahan suatu zat menjadi zat baru yang ditandai dengan terjadinya perubahan warna, perubahan suhu, terbentuk gas, dan/atau terbentuk endapan sebagai indikasi terbentuknya partikel materi baru dengan struktur dan rumus kimia yang berbeda. Reaksi kimia selalu berkaitan dengan perubahan dari suatu pereaksi (reaktan) menjadi hasil reaksi (produk).

Pereaksi (reaktan) → Hasil reaksi (produk)

Reaksi kimia ada yang berlangsung cepat dan ada juga yang berlangsung lambat. Peristiwa pembakaran kayu juga merupakan salah satu contoh dari reaksi kimia. Coba bandingkan pembakaran kayu dengan perkaratan pada mobil yang sebagian besar komponennya terbuat dari besi. Berapa lama waktu yang dibutuhkan hingga bagian besi pada mobil bisa berkarat seperti gambar di bawah ini.



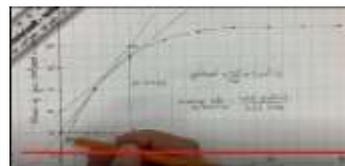
(a) Pembakaran kayu



(b) Perkaratan pada mobil

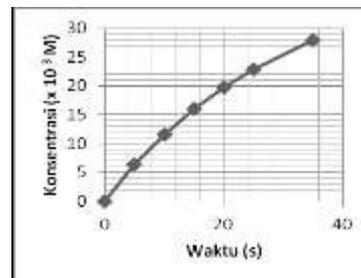
Cepat lambat terjadinya suatu reaksi dikaji sebagai konsep laju reaksi. Hal-hal apakah yang perlu diukur untuk menentukan laju reaksi? Melalui percobaan dengan pengukuran secara lebih teliti volum gas CO_2 yang dihasilkan, laju suatu reaksi kimia antara larutan 1 molar HCl dengan batu pualam (CaCO_3) dapat ditentukan. Reaksi ini menghasilkan (membentuk produk) gas CO_2 dan larutan CaCl_2 dari reaktan HCl dan CaCO_3 yang habis/berkurang. Laju reaksinya dapat ditentukan misalnya dari pengukuran perubahan volum gas CO_2 yang dihasilkan selama selang waktu tertentu, biasanya dari pengukuran suatu zat dalam reaksi yang dapat diamati (atau praktis sesuai dengan tujuan) dan memberikan hasil pengukuran yang paling teliti. Aspek makroskopik yang bisa diamati ketika gas CO_2 terbentuk yaitu dengan munculnya gelembung-gelembung pada buret/gelas ukur modifikasi (rakitan alat pengukuran gas) yang menekan volume air keluar.

Besarnya kuantitas perubahan dalam suatu reaksi kimia umumnya dinyatakan dalam mol per satuan volume (liter) atau molar (M) yakni konsentrasi dalam bentuk molaritas. Hal ini sedikit berbeda dengan satuan besaran umum yang digunakan dalam fisika seperti satuan kecepatan (laju) benda bergerak yakni km/jam atau m/detik .



https://youtu.be/xlvs-ZJr_HU

Dari grafik fungsi konsentrasi terhadap waktu reaksi berlangsung misal dengan selang waktu 5 detik berkesinambungan dapat membuat ekspresi (pernyataan-pernyataan) yang menggambarkan besar dan ciri umum laju reaksi. Dari kurva tersebut akan mengarahkan kajian kebutuhan konsep laju reaksi rata-rata pada interval (selang) waktu tertentu (bisa saja untuk interval 5 detik pertama atau antara 5 detik ke-3 dan kelima) dan laju sesaat pada waktu tertentu. Laju sesaat pada detik waktu tertentu dapat ditentukan dari gradien kurva atau kemiringan garis singgung kurva di titik itu pada kurva konsentrasi terhadap waktu dari reaksi tersebut. Hasil penentuan laju reaksi rata-rata maupun laju reaksi sesaat tersebut pada akhirnya mengungkap karakteristik umum suatu laju reaksi. Hubungan konsentrasi terhadap waktu dapat disajikan dalam bentuk grafik yang menggambarkan pola laju suatu reaksi kimia. Seperti contoh gambar di samping (gambar kurva). Grafik perubahan konsentrasi terhadap waktu (laju reaksi) dari reaksi kimia berupa garis melengkung atau kurva, laju menurun seiring dengan waktu reaksi telah terjadi. Grafik dalam bentuk kurva mengarahkan pada adanya atau perlunya kajian laju reaksi rata-rata dan laju reaksi sesaat.



Gambar 1 grafik perubahan konsentrasi terhadap waktu

b. Identifikasi masalah (mengamati atau M1)

Informasi latar munculnya konsepsi ilmiah tentang pengertian/ekspresi laju reaksi rata-rata, laju reaksi sesat, dan pola umum reaksi kimia diperoleh dalam paragraf fenomena atau pengalaman di sekitar sebagai berikut (diisi).

<ul style="list-style-type: none"> • Ekspresi laju reaksi • Reaksi kimia • Waktu reaksi berlangsung • Perubahan molaritas spesi dalam suatu reaksi (biasanya yang mudah diukur dan yang lain bisa dikonversi secara stoikiometri) • 	<ul style="list-style-type: none"> • • 	<ul style="list-style-type: none"> • •
---	--	---

c. Batasan masalah (menanya)

Dari identifikasi masalah yang telah ditemukan pilihlah masalah yang menjadi batasan masalah sesuai

1. ...
2.

d. Rumusan Masalah (menanya)

Berupa pertanyaan klarifikasi informasi dan rumusan masalah investigasi sebagai berikut (diisi).



a) Pertanyaan Klasifikasi (faktual):

b) Rumusan masalah investigatif:

e. Membuat hipotesis (mengumpulkan data atau M3)

Jawaban terhadap rumusan masalah investigasi diperoleh melalui beberapa langkah.

Rumusan hipotesis dari rumusan masalah investigasi terdiri dari (terutama dalam bentuk kalimat pasif sebab-akibat):

3. Membimbing Penyelidikan Individu Maupun Kelas

a. Rancangan percobaan (mengumpulkan data)

Untuk menguji hipotesis yang Anda rumuskan, rancanglah percobaan pembuktian setiap hipotesis dengan menentukan variabel percobaan, rancangan/desain percobaan setiap hipotesis, alat dan bahan, prosedur kerja, dan format pencatatan data!

1). Variabel percobaan

Variabel bebas, terikat, dan kontrol dari setiap hipotesis di atas disajikan dalam tabel contoh berikut (diisi dan bentuk tabel bisa diubah sesuai kepentingan). Jumlah baris bisa ditambah jika ada suatu hipotesis yang berupa multi variabel bebas dan/atau multi variabel terikat.

Hipotesis	V. bebas	V. terikat	V. kontrol
Laju reaksi didefinisikan sebagai pengurangan molaritas suatu reaktan atau penambangan molaritas suatu reaktan per satuan waktu untuk reaksi tersebut.

2). Rancangan pembuktian hipotesis

Rancangan pembuktian hipotesis berupa pemberian variasi nilai (sampel variabel



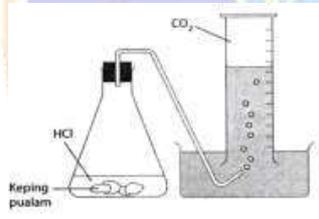
bebas), perkiraan variasi nilai variabel terikat (variasi efek dari akibat variasi perlakuan atau sampel variabel bebas), variabel lain yang mungkin berpengaruh dan dibuat sama agar tidak berpengaruh (sebagai variabel kontrol). Rancangan pembuktian untuk semua hipotesis di atas disajikan dalam tabel berikut. Masing-masing kolom variabel bebas maupun variabel terikat masih bisa dipecah menjadi beberapa kolom masing-masing jika hipotesisnya berupa multi (lebih dari satu) variabel sesuai dengan bunyi hipotesis. Jumlah kolom suatu hipotesis dalam setiap variabel dapat disesuaikan sesuai dengan yang teridentifikasi.

No. Hp	Variasi nilai V. bebas (sampel perlakuan)	Variasi nilai V. terikat (variasi efek perlakuan) yang diamati	V. kontrol
Hipotesis 1 (ekspresi laju reaksi)			
1	Besar dua interval waktu secara berurutan pada periode tertentu (seperti awal/pertengahan)	Pembentukan konsentrasi untuk interval tersebut	Interval dalam periode yang sama
	1. 5 detik (detik ke-0 s.d. detik ke-5)	.....	awal
	2. 10 detik (detik ke-0 s.d. detik ke-10)	.....	awal
	1. 5 detik (detik ke-15 s.d. detik ke-20)	.....	pertengahan
	2. 10 detik (detik ke-15 s.d. detik ke-25)	.....	pertengahan
	1. 5 detik (detik ke-25 s.d. detik ke-30)	.....	akhir
	2. 5 detik (detik ke-25 s.d. detik ke-35)	.....	akhir
Hipotesis 2 dan 3 (laju rata-rata) untuk reaksi yang sama: ...			
2	<i>Variasi interval waktu di sekitar detik ke-15 Δt</i>	<i>Laju reaksi rata-rata = $\Delta C/\Delta t$ untuk Δt yang cukup besar dan kemiringan garis singgung untuk Δt yang mendekati nol</i>	Daerah dengan jari-jari kelengkungan relatif sama yakni pada detik ke-15
	1. Detik 5 s.d ke-35	.....
	2. Detik 10 s.d ke-30	.....
	3. Detik 15 s.d ke-20	.....
	4. Pada detik ke-15 (Δt mendekati nol atau δt)	Kemiringan garis singgung=	
Hipotesis 3 (laju reaksi sesaat):...			
3	Waktu atau interval waktu yang berkelanjutan	Laju reaksi (r)	
		$r_{rata-rata} = \frac{\partial c}{\partial t}$	$r_{sesaat} = \frac{\partial c}{\partial t}$
	Detik ke-0		
	Detik ke-0 s.d detik ke-5		
	Detik ke-5		
	Detik ke-5 s.d detik ke-10		
	Detik ke-10		
	Detik ke-10 s.d. ke-15		
	Detik ke-15		
Detik ke-15 s.d detik ke 20			
Dst....			Reaksi yang sama

3). Alat dan bahan yang diperlukan untuk mengumpulkan data setiap hipotesis disajikan dalam tabel berikut.

No. Hp	Bahan		Alat	
	Nama	Spesifikasi & kuantitas	Nama	Spesifikasi dan jumlah
1				
2				
3				

Desain Percobaan (pembuktian hipotesis)



4). Cara kerja pengumpulan data

Cara kerja mendapatkan data untuk pembuktian hipotesis (kalimat tidak berupa kalimat perintah – gunakan kalimat persuasif pasif).

i) Hipotesis 1

-
- volume gas yang terbentuk pada setiap interval waktu tertentu (misalnya 20 detik) di catat.
-
-
-
-
-
-
-



Versi Panjang

<https://youtu.be/3XHTX9OfKgk>

Pendek

<https://youtu.be/NjESz6L-cK4>

ii) Hipotesis 2

-
-
-
-
-
-
-

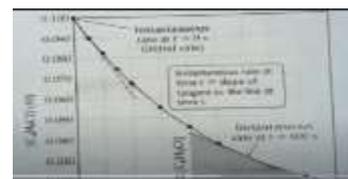


<https://youtu.be/eoOdVgFdOqk> Laju produk:

<https://youtu.be/eoOdVgFdOqk> Laju reaktan

iii) Hipotesis 3

-
-
-
-
-



<https://youtu.be/dxmZh4VFu9U>

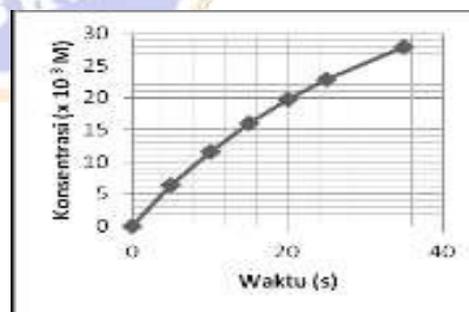
5). Tabel pencatatan data (boleh sama dengan tabel rancangan pembuktian hipotesis – bisa disederhanakan atau ditambah/ dikembangkan jika dianggap perlu)

Pelaksanaan pengumpulan data dan mencatat data yang diperoleh dalam tabel pencatatan data yang telah dirancang (data primer dan/atau sekunder).

Catatan, karena rancangan kegiatan ini memprioritaskan penggunaan data primer. Namun jika pengambilan data primer tidak layak (*feasible*) dan/atau ketersediaan alokasi waktu tatap muka sangat terbatas, penggunaan data eksperimen tidak langsung (*secondary*) dimungkinkan (studi dokumen). Langkah penentuan alat dan bahan, cara kerja, dan pelaksanaan pengumpulan data sekunder dalam M3 bisa diprediksi seperti dengan cara kerja jika Anda mengambil data tersebut langsung (nanti disempurnakan disesuaikan dengan yang digunakan *author* ketika pelaksanaan pengumpulan data).. Tabel data pembuktian hipotesis bisa diisi langsung dengan data yang diperoleh dari sumber pustaka atau hasil kerja orang lain, namun rujukan terhadap sumber harus dituliskan.

Contoh data hasil pengamatan perubahan konsentrasi produk gas H₂ yang terbentuk dari reaksi antara serbuk magnesium dan larutan asam klorida.

No	Interval detik ke-n	$\Delta [H_2] (M)$
1	0-5	$6,30 \times 10^{-3}$
2	5-10	$5,20 \times 10^{-3}$
3	10-15	$4,51 \times 10^{-3}$
4	15-20	$3,70 \times 10^{-3}$
5	20-25	$3,19 \times 10^{-3}$
6	25-30	.....
7	30-35	.....



Gambar a1.

Perubahan konsentrasi produk (H₂) terhadap waktu



4. **Mengembangkan dan Menyajikan Hasil Karya (mengasosiasi atau M4)**

Mengasosiasi meliputi pengolahan, analisis data, dan membuat kesimpulan yang disertai konfirmasi penerimaan/penolakan hipotesis.

a. Pengolahan dan analisis data

Hipotesis 1

-
-
-

Interpretasi:

Hipotesis 2

-
-
-

Interpretasi:

Hipotesis 3

-
-
-

Interpretasi:

b. Pembahasan (usahakan satu paragraf untuk satu hipotesis)

-
-
-
-
-

c. Simpulan:

- 1)
..... (hipotesis 1 diterima/ditolak).
- 2)
..... (hipotesis 2 diterima/ditolak).
- 3)
..... (hipotesis 3 diterima/ditolak).

5. **Menganalisis dan Mengevaluasi Proses Pemecahan Masalah (mengkomunikasi/M5)**

Kami menyajikan hasil kegiatan belajar dengan pendekatan ilmiah dalam forum (misalnya: diskusi/ presentasi/majalah/seminar ini – pilih sesuai dengan yang akan dilakukan) dalam bentuk.....sebagai berikut.



B. Teks informasi konsepsi ilmiah tentang ekspresi laju reaksi, laju rata-rata dan sesaat

Fenomena

Paragraf fenomena di atas dengan informasi pengetahuan awal prasyarat termasuk di dalamnya cukup memberikan beberapa kelompok informasi awal terkait. (1) kelompok informasi awal berupa ekspresi laju reaksi, reaksi kimia dan waktu reaksi berlangsung, Perubahan molaritas spesi dalam suatu reaksi (biasanya yang mudah diukur dan yang lain bisa dikonversi secara stoikiometri). (2) kelompok informasi awal laju reaksi rata-rata, reaksi kimia

Dari uraian informasi awal yang diperoleh mengarahkan pada rumusan masalah investigasi sebagai berikut. Kelompok informasi awal (1) mengarah pada (1) Apa ekspresi laju reaksi yang diperoleh dari kurva konsentrasi terhadap waktu reaksi? (2) bagaimana laju reaksi rata-rata pada interval-interval waktu tertentu selama reaksi berlangsung? (3) bagaimana laju reaksi sesaat pada berbagai titik waktu (detik) tertentu selama reaksi berlangsung?

Agar pengumpulan data untuk konstruksi konsepsi ilmiah sebagai jawaban rumusan masalah di atas, maka perlu diawali dengan rumusan hipotesis dalam bentuk pengetahuan konseptual sebab akibat menggunakan kalimat pasif untuk hipotesis dengan penalaran induktif seperti berikut. (1) laju reaksi mengekspresikan penambahan molaritas suatu produk atau pengurangan molaritas suatu reaktan persatuan waktu. (2) laju reaksi rata-rata (biasanya dengan mengukur kuantitas spesi zat dalam reaksi yang mudah diukur yang disajikan dalam bentuk tabel dan/atau kurva [...] terhadap lama waktu reaksi berlangsung) umumnya semakin mengecil untuk interval-interval waktu ke belakang dari suatu reaksi kimia. (3) laju reaksi sesaat (biasanya dengan mengukur kuantitas spesi zat dalam reaksi yang mudah diukur) di suatu waktu dari suatu reaksi kimia diperoleh dengan memperkecil interval waktu pengamatan mendekati nol yang berupa kemiringan garis singgung kurva perubahan konsentrasi suatu spesi reaksi itu di titik waktu tertentu umumnya semakin mengecil untuk laju-laju sesaat berikutnya selama reaksi berlangsung.

Langkah pengumpulan data selanjutnya melibatkan penentuan variabel bebas (VB= aspek sebab) dan variasi nilainya, variabel terikat (VT = aspek akibat) dan variasi nilainya, dan variabel kontrol (VK = aspek lain yang dikendalikan seperti disamakan agar tidak ikut mempengaruhi akibat) untuk setiap rumusan hipotesis. Jenis dan variasi nilai masing-masing variabel untuk setiap hipotesis di atas sebagai berikut. Hipotesis (1)

Desain/rancangan percobaan/eksperimen terhadap keempat hipotesis sesuai dengan VB, VT, dan VK dengan memberi variasi nilai VB dan mengamati variasi nilai VT perlu disajikan dalam bentuk tabel rancangan pembuktian hipotesis yang akan mengarahkan kepada tabel pencatatan data pada akhir kegiatan M3 dan tabel pengolahan untuk analisis data (fase mengasosiasi M4). Dengan demikian, nanti tabel pengolahan data dalam M4 dikembangkan dari tabel rancangan pembuktian hipotesis dan tabel pencatatan data tersebut. Dalam membuat ketiga tabel ini harus saling mempertimbangkan (saling kontrol) kesesuaiannya. Sajian aspek-aspek rancangan pembuktian hipotesis untuk variasi nilai VB dengan VT dengan keterbatasan variabel kontrol merupakan aspek utama dalam tabel rancangan pembuktian hipotesis seperti yang telah disajikan dalam LKM fase awal M3.



Tabel LR-1b1. Rancangan pembuktian hipotesis

Tabel LR-1b1. Rancangan pembuktian hipotesis										
No	Hipotesis 1	VB (sebab)		VT (akibat)				VK	Prasyarat	
1.	Laju reaksi mengekspersikan penambahan molaritas suatu produk atau pengurangan molaritas suatu reaktan atau per satuan waktu untuk reaksi tersebut dalam bentuk garfik melengkung (kurva) konsentrasi vs waktu yang meningkat untuk produk dan menurun untuk reaktan	Reaksi Kimia	Internal waktu 5 detik berurutan reaksi	Perubahan molaritas spesi dalam suatu reaksi (biasanya yang mudah diukur dan yang lain bisa dikonversi secara stoikiometri)						
				Reaktan (misal padatan Mg)		Produk (misal gas H ₂)				
				Pengurangan molaritas	Laju reaksi (mol/lit)	Penambahan molaritas	Laju reaksi (mol/lit)			
				Mg _(s) + Cl _(aq) 0,2 M → MgCl _{2(aq)} + H _{2(g)}	0				<ul style="list-style-type: none"> • Reaksi masih berlangsung dengan interval waktu berkelanjutan • Keadaan standar 	Penyetaraan reaksi
			5							
			10							
			15							
			20							
			25							
			30							
			35							
			40							
			45							
	50									
	55									
	60									
2.	Hipotesis 2	VB			VT		VK	Prasyarat		
		Reaksi Kimia	Detik ke-	[Spesi mudah terukur]	Kurva [...] terhadap lama interval waktu (detik)	Interval detik			LR=Δ[...]/Δt (mol/liter)	
	Laju reaksi rata-rata terhadap spesi tertentu (suatu reaktan/produk yang mudah diukur perubahannya) merupakan perubahan molaritas spesi itu per interval waktu		0			-	-	<ul style="list-style-type: none"> • Reaksi masih berlangsung dengan interval waktu berkelanjutan • Keadaan standar 	Perhitungan laju reaksi rata-rata dari data tabel atau kurva [...] terhadap waktu	
			5			0-5	...			
			10			5-10	...			
			15			10-15	...			
			20			15-20	...			
			25			20-25	...			
			30			25-30	...			
			35			30-35	...			
			40			35-40	...			
			45			40-45	...			
			50			45-50	...			
	55			50-55	...					
	60			55-60	...					
	perubahan molaritas spesi itu (dapat									

	ditentukan dari tabel dan/atau kurva hubungan konsentrasi terhadap lama waktu reaksi berlangsung) dari reaksi tersebut yang mana laju reaksi makin lama semakin kecil							
3	Hipotesis 3	VB				VT	VK	Prasyarat
		Reaksi Kimia	Detik ke-	[H ₂] dalam molar	Kurva [...] terhadap lama interval waktu (detik)	Detik ke- ....			LR_{sesaat} = keriringan kurva di t
	Laju reaksi sesaat terhadap spesi tertentu (suatu reaktan/produk yang mudah diukur perubahannya) merupakan perubahan molaritas spesi itu per interval waktu yg mendekati nol (limit) di suatu titik detik tertentu yg ditentukan dari gradien (kemiringan garis singgung) kurva konsentrasi terhadap lama waktu reaksi berlangsung di titik detik itu, yang	0					<ul style="list-style-type: none"> • Reaksi masih berlangsung dengan interval waktu berkelanjutan • Keadaan standar 	Perhitungan laju reaksi sesaat dari data kurva [...] terhadap waktu
		5						
		10						
		15						
		20						
		25						
		30						
		35						
		40						
		45						
		50						
		55						
		60						



mana laju reaksi sesat makin lama juga semakin kecil.								
---	--	--	--	--	--	--	--	--

Untuk pengumpulan data pembuktian hipotesis sesuai rancangan diperlukan alat-alat dan bahan sebagai berikut.

Hip (no.)	Alat	Bahan
(1-3)	<ul style="list-style-type: none"> • Set alat pengukuran pembentukan gas dari reaksi antara bahan serbuk Mg dengan larutan asam klorida • Buret modifikasi • Labu Erlen Meyer 100 mL • tabel / format pencatatan data dari eksperimen atau demonstrasi aniamsi pengukuran gas hasil reaksi antara magnesium dengan asam klorida • Kertas milimeter untuk membuat grafik 	<ul style="list-style-type: none"> • Serbuk $Mg_{(s)}$ • Larutan $HCl_{(aq)}$ 0.2 M • Aquades • Video pengukuran volume gas hasil reaksi antara logam seng (magnesium) dengan larutan asam klorida

Prosedur ringkas pengambilan data eksperimen untuk pembuktian hipotesis sesuai dengan rancangan dan video pengambilan data dalam lembar kerja sebagai berikut. Hipotesis terdiri dari (1) ekspresi laju reaksi, (2) laju reaksi rata-rata, dan (3) laju reaksi sesaat

(1) Hipotesis 1 yang merupakan ekspresi laju reaksi dikumpulkan dengan mengukur volume gas hidrogen yang masuk pada buret modifikasi dengan selang waktu 5 detik secara berkelanjutan dalam tekanan dan suhu udara sekitar (dicatat). Reaksi dilakukan dengan menggunakan satu set alat pembuat gas yang memanfaatkan buret yang sudah dimodifikasi, selang, labu erlenmeyer 100 mL, *rubber stopper*, statif, dan klem. Isi terlebih dahulu buret dengan aquades hingga hampir penuh lalu tutup dengan penutup buret serapat mungkin agar tidak mengalami kebocoran. Kemudian 0,5 gram serbuk magnesium direaksikan dengan 50 mL $HCl_{(aq)}$ 0,2 M didalam labu erlenmeyer 100 mL, segera tutup erlenmeyer menggunakan *rubber stopper* yang sudah terhubung dengan pipa kaca dan selang. Gas hidrogen yang terbentuk dari hasil reaksi antara HCl dan serbuk magnesium akan masuk kedalam buret modifikasi dan menekan aquades keluar. Pengukuran waktu dimulai ketika aquades pada buret tepat di skala nol, catat volume gas yang masuk setiap 5 detik. Prosedur mengikuti video rekaman eksperimen yang disajikan dalam lembar kerja pengumpulan data.

Hipotesis (2) dan hipotesis mengamati kurva konsentrasi terhadap lama reaksi berlangsung, menarik garis lurus dari dua titik pada kurva untuk selang waktu tertentu (bisa 5 detik atau 10 detik), kemudian menarik garis lurus horizontal ke sumbu y (konsentrasi spesi reaksi kurva itu) dan membaca perubahan konsentrasi dalam interval waktu tersebut, dan menghitung laju reaksi rata-rata dalam interval waktu tersebut. Pengulangan dilakukan pada interval waktu yang lain.

Hipotesis (3) mengamati kurva konsentrasi terhadap lama reaksi berlangsung, menentukan titik waktu (detik) pada kurva di mana laju reaksi sesaat akan ditentukan (misalnya detik ke-10), membuat garis singgung (garis tegak lurus dengan kelengkungan



kurva di tempat itu (perlu bantuan passer), menentukan kemiringan garis singgung konsentrasi terhadap waktu sebagai laju reaksi sesaat detik tersebut. Semua data hasil eksperimen dicatat dalam tabel pencatatan data sesuai dengan rancangan pembuktian hipotesis.

Semua data hasil eksperimen dicatat dalam tabel pencatatan data sesuai dengan rancangan pembuktian hipotesis. Format (tabel) pencatatan data hasil pengumpulan data untuk pembuktian hipotesis mungkin bisa tidak serumit tabel reancangan percobaan atau tabel pengolahan analisis data. Namun untuk menjamin kelengkapan informasi, tabel pencatatan data hasil eksperimen dan pengolahannya mengacu pada tabel pembuktian hipotesis (tabel yang sama). Dengan pertimbangan efisiensi penulisan dokumen *micro learning* ini, tabel pencatatan data yang sekaligus sudah diisi dengan catatan data hasil eksperimen (akhir M3) dan tabel pengolahan data (awal M4) disajikan bersamaan (digabung) dalam tabel 3.1.2.1b.

Semua data hasil eksperimen dicatat dalam tabel pencatatan data sesuai dengan rancangan pembuktian hipotesis. Format (tabel) pencatatan data hasil pengumpulan data untuk pembuktian hipotesis mungkin bisa tidak serumit tabel rancangan percobaan atau tabel pengolahan analisis data. Tabel pencatatan data bertujuan untuk mencatat data kebutuhan minimal agar semua data aspek-aspek yang diperlukan dalam tabel pengolahan data terpenuhi. Untuk efisiensi penyajian, data hasil eksperimen dan pengolahannya disajikan sebagai berikut. Hasil pengumpulan data eksperimen hipotesis (1-3)

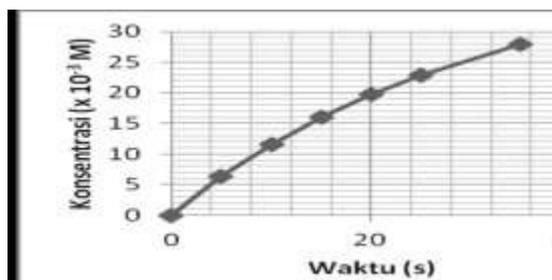
Tabel LR-1 b2 Laju pembentukan gas H₂

No	Detik ke	[H ₂] untuk detik ke-n = ... x 10 ⁻³ M	Δ[H ₂] untuk interval 5 detik = ... x 10 ⁻³ M	Interval detik	LR= Δ[...]/Δt = ... x 10 ⁻³ M/dtk
1.	0	0	-		
2.	5	0.8	0.8	0-5	1.30
3.	10	1.5	0.7	5-10	1.00
4.	15	2.1	0.6	10-15	0.90
5.	20	2.6	0.5	15-20	0.70
6.	25	3	0.4	20-25	0.60
7.	30	3.4	0.4	25-30	0.56
8.	35	3.7	0.3	30-35	0.50

Rangkuman hasil pengolahan data dalam tabel 3.1.1b memberi interpretasi bahwa (i) pada saat reaksi berlangsung molaritas suatu reaktan akan mengalami penurunan (negatif) dan molaritas suatu produk akan mengalami peningkatan (positif) per satuan waktu, (ii) laju reaksi rata-rata (biasanya dengan mengukur kuantitas spesi zat dalam reaksi yang mudah diukur yang disajikan dalam bentuk tabel dan/atau kurva [...] tdp lama waktu reaksi berlangsung) umumnya semakin mengecil untuk interval-interval waktu ke belakang dari suatu reaksi kimia. (iii) laju reaksi sesaat selama reaksi berlangsung umumnya semakin mengecil apabila memperkecil interval waktu pengamatan mendekati nol yang berupa kemiringan garis singgung kurva perubahan konsentrasi suatu spesi reaksi itu di titik waktu tertentu. Analisis data hasil eksperimen untuk keperluan menerima atau menolak semua hipotesis melibatkan pengolahan data dan diskusi tahapan-tahapan rasional (dialog tanya jawab) menuju hasil analisis konfirmasi kebenaran rumusan hipotesis seperti yang diminta pada lembar kerja. Berikut hanya disajikan pembahasan sebagai perwujudan dialog tersebut.

Hipotesis 1

Hubungan konsentrasi terhadap waktu dari data perubahan jumlah produk gas H_{2(g)} dari reaksi antara 0,5 gram serbuk Mg dengan 50 mL 0,2 M larutan HCl (data Tabel LR-1b1) memberikan kurva Gambar b1. Terjadi peningkatan konsentrasi produk selama reaksi masih berlangsung, tetapi laju reaksi setiap interval waktu lima detik terus menurun.



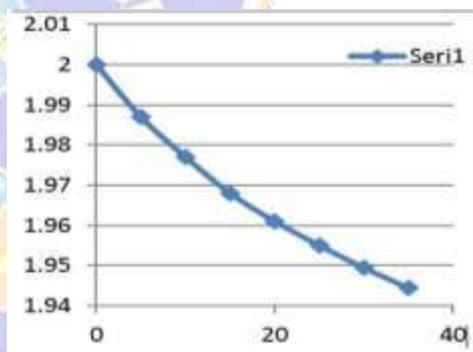
Gambar b.1

perubahan konsentrasi produk gas H₂ terhadap waktu



Secara stoikiometri dari persamaan reaksi, dari data tabel LR-1b1 dapat ditentukan laju reaksi terhadap spesi reaktan larutan HCl (dengan konsentrasi awal 0,2 M) untuk reaksi tersebut tertuang dalam bentuk Tabel LR-1b2 dan gambar b2.

No	Detik ke-	Molaritas HCl detik ke-	Δ [HCl] interval 5 dtk x 10 ⁻³ M	Interval detik	LR= (Δ[...]/Δt) x 10 ⁻³ M/dtk
1	0	0,200	-		
2	5	0.190	-0.0013	0-5	-0,00024
3	10	0.180	-0.001	5-10	-0,00021
4	15	0.175	-0.0009	10-15	-0,00019
5	20	0.170	-0.0008	15-20	-0,00017
6	25	0.165	-0.0007	20-25	-0,00014
7	30	0.159	-0.00067	25-30	-0,00011
8	35	0.148	-0.00056	30-35	-0,00010



Gambar b2. Laju terhadap reaktan HCl

$$\begin{aligned} \text{Laju reaksi pengurangan (HCl)} &= -2x \text{ laju pembentukan gas H}_2 = \\ &= \Delta[\text{HCl}]/\Delta t \text{ dengan tanda yang berlawanan} = 2 x \Delta[\text{H}_2]/\Delta t \\ &= -2 x \text{ harga } \Delta[\text{H}_2]/\Delta t \end{aligned}$$

Ekspresi laju reaksi merupakan peningkatan (positif) molaritas suatu produk atau penurunan (negatif) molaritas suatu reaktan per satuan waktu. Laju reaksi relatif untuk masing-masing spesi sesuai dengan perbandingan koefisien spesi-spesi tersebut dalam reaksi itu. Data menunjukkan laju reaksi untuk produk maupun reaktan semakin lama semakin menurun. Selama reaksi berlangsung, HCl yang berperan sebagai reaktan, semakin lama konsentrasinya akan semakin berkurang, sebaliknya gas H₂ sebagai produk, semakin lama konsentrasinya akan semakin bertambah. Perubahan konsentrasi produk (H₂) dapat dihitung menggunakan metode pengukuran volume gas. Gas H₂ yang terbentuk dapat diamati volumenya selama reaksi berlangsung. Perubahan volume yang terukur pada selang waktu tertentu (misal, setiap 5 detik) kemudian dihitung volume totalnya dan mol gas H₂ pada STP. Dari mol yang sudah dihitung,



maka dapat ditentukan konsentrasi H_2 melalui perbandingan mol per volume total. Melalui metode tersebut, diperoleh data hubungan antara perubahan konsentrasi produk (H_2) dengan waktu reaksi yang disajikan dalam Tabel 1 dan dalam bentuk grafik disajikan dalam Gambar 2.

Hipotesis 2 dan 3

Data hasil eksperimen laju pembentukan gas karbon dioksida sebelumnya bisa dilanjutkan dengan menentukan variasi laju reaksi rata-rata dan laju reaksi sesaat dalam reaksi tersebut. Seperti yang telah dibahas pada penjelasan sebelumnya, bahwa pola perubahan konsentrasi reaktan atau produk terhadap waktu yang membentuk pola kurva (melengkung) akan membawa konsekuensi bahwa laju reaksi berubah-ubah, sehingga dalam selang waktu tertentu ada laju reaksi rata-rata. Kurva hubungan perubahan konsentrasi terhadap waktu dari terbentuknya gas H_2 dari reaksi antara 0,5 gram serbuk Magnesium dengan 50 mL 0,2 M larutan HCl disajikan dalam Gambar b1 dapat dikaji lebih jauh. Laju reaksi pada interval waktu tertentu merupakan laju reaksi rata-rata.

Bagaimana laju reaksi rata-rata jika interval waktu diperbesar dan juga jika diperkecil terus hingga mendekati nol (limit) pada titik waktu detik tertentu? Jika interval waktu diperkecil hingga mendekati nol ($\Delta t \rightarrow 0$) maka pada keadaan ini laju reaksi merupakan laju reaksi sesaat pada waktu tertentu (t_n). Laju reaksi sesaat pada t_1 belum tentu sama dengan laju reaksi pada t_2 atau t_3 dan seterusnya. Bagaimana laju reaksi sesaat ditentukan?

Harga laju reaksi sesaat untuk reaksi: $2HCl_{(aq)} + Mg_{(s)} \rightarrow MgCl_{2(aq)} + H_{2(g)}$, dapat dipahami dengan mengkaji perbedaan laju reaksi rata-rata pada pengecilan interval waktu di sekitar titik waktu tertentu.

Untuk kurva Gambar b1 berapa laju reaksi sesaat pada detik ke-20 (di titik A)? Apakah nilainya sama dengan laju reaksi rata-rata pada interval waktu a(0 – 40 s), b(5 – 35 s) dan c (15 – 25 s)? Untuk itu perhatikan uraian di bawah ini.

Laju reaksi rata-rata pada interval waktu **a** (0 – 40 s) sesuai grafik (Gambar b1), pada $t_1 = 0$ s, $[H_2] = 0$ mol L^{-1} dan pada $t_2 = 40$ s, $[H_2] = 18,06 \times 10^{-2}$ mol L^{-1} , laju reaksi rata-ratanya (kemiringan garis lurus yang ditarik dari dua titik pada kurva dengan interval waktu yang bersangkutan) dapat dihitung sebagai berikut

$$\begin{aligned} \text{Laju rata - rata} &= \frac{\Delta[H_2]}{\Delta t} \\ &= \frac{[H_2]_2 - [H_2]_1}{t_2 - t_1} \\ &= \frac{(18,06 \times 10^{-2} - 0) \text{ mol } L^{-1}}{(40 - 0) \text{ s}} \\ &= 4,52 \times 10^{-3} \text{ mol } L^{-1} \text{ s}^{-1} \end{aligned}$$

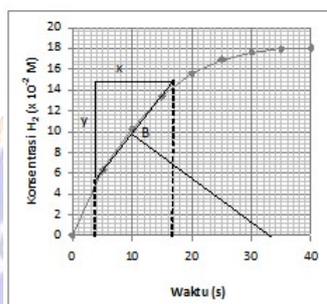
Dengan cara yang sama, laju reaksi rata-rata pada interval waktu **b** (5 – 35 s) sesuai grafik di atas, pada $t_1 = 5$ s, $[H_2] = 6,25 \times 10^{-2}$ mol L^{-1} dan pada $t_2 = 35$ s, $[H_2] = 17,96 \times 10^{-2}$ mol L^{-1} , laju reaksi rata-ratanya dapat dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Laju rata - rata} &= \frac{\Delta[H_2]}{\Delta t} \\ &= \frac{(17,96 \times 10^{-2} - 6,25 \times 10^{-2}) \text{ mol } L^{-1}}{(35 - 5) \text{ s}} \\ &= 3,90 \times 10^{-3} \text{ mol } L^{-1} \text{ s}^{-1} \end{aligned}$$

Laju reaksi rata-rata pada interval waktu c (15 – 25 s) sesuai grafik di atas, pada $t_1 = 15$ s, $[H_2] = 13,40 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$ dan pada $t_2 = 25$ s, $[H_2] = 16,97 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$, laju reaksi rata-ratanya dapat dihitung sebagai berikut.

$$= \frac{(16,97 \times 10^{-2} - 13,40 \times 10^{-2}) \text{ mol L}^{-1}}{(25 - 15) \text{ s}} = 3,57 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$$

Sedangkan laju reaksi pada detik ke-20 (di titik A) sesuai grafik (Gambar b1) di atas ditentukan dengan menarik garis singgung (garis d) pada titik A dalam kurva untuk detik ke-20 tersebut. Garis singgung kurva di titik A merupakan garis di luar kurva (d) yang posisinya tegak lurus dengan jari-jari kelengkungan kurva (e) di titik tersebut. Besarnya laju reaksi sesaat pada titik A sebagai berikut.



Gambar b3. Penentuan laju reaksi sesaat pada titik

$$r = \text{kemiringan (gradien) garis singgung di titik A} = \frac{\Delta[H_2]}{\Delta t \rightarrow 0} = \frac{(16,4 - 12,4) \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}}{(22 - 11) \text{ s}} = \frac{4 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}}{11 \text{ s}} = 3,64 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$$

Dari perhitungan di atas, diperoleh laju reaksi rata-rata di sekitar titik dengan interval waktu yang bervariasi tidak sama yakni pada interval waktu a (0 – 40 s), b (5 – 35 s) dan c (15 – 25 s) berturut-turut diperoleh sebesar $4,52 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$, $3,90 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$, dan $3,57 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$. Sementara laju reaksi sesaat di titik A ($t = 20$ s) sebesar $3,64 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$ yang sangat bergantung pada kelengkungan kurva di titik itu. Titik tengah waktu interval a, b maupun c sama-sama terletak pada waktu 20 detik ($t = 20$ s). Namun, laju reaksi rata-rata yang nilainya paling mendekati laju reaksi pada titik A ($t = 20$ s) yaitu laju reaksi rata-rata pada interval waktu c (15 – 25 s). Di antara ketiga interval waktu tersebut, interval c memiliki selang waktu yang paling kecil. Hal ini menunjukkan bahwa semakin kecil interval waktu suatu laju reaksi rata-rata, maka nilai dari laju reaksi rata-rata tersebut akan semakin mendekati bahkan sama dengan besarnya nilai laju reaksi sesaat titik tengah interval waktu itu. Laju reaksi pada detik ke-20 (titik A) kurva di atas merupakan contoh laju reaksi sesaat.

Laju reaksi sesaat diperoleh dari grafik aliran konsentrasi $H_{2(g)}$ terhadap waktu dengan menarik garis singgung pada suatu titik waktu dalam kurva untuk waktu tersebut. Laju reaksi sesaat pada waktu tersebut sama dengan kemiringan atau gradien kurva di titik tersebut (Gambar 3) yang secara matematis dinyatakan sebagai berikut.

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{d[H_2]}{dt} = \frac{dy}{dx} = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \tan \alpha \text{ dari garis singgung}$$

Contoh lain, laju reaksi sesaat pada detik ke-10 sesuai dengan grafik di atas adalah:



$$\frac{d[H_2]}{dt} = \frac{9,2 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}}{13 \text{ s}} = 7,08 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$$

Tabel LR-1b2 menyajikan laju reaksi rata-rata pada beberapa interval waktu 5 detik dan laju reaksi sesaat pada beberapa titik waktu di tengah-tengah interval-interval waktu tersebut dari reaksi antara 0,5 gram serbuk $\text{Mg}_{(s)}$ dengan 0,2 M larutan $\text{HCl}_{(aq)}$ selama reaksi berlangsung. Baik laju reaksi rata-rata maupun laju reaksi sesaat terus menurun selama reaksi berlangsung. Laju reaksi sesaat besarnya terletak diantara laju reaksi rata-rata interval waktu sebelum dan setelah titik waktu tersebut. Pola demikian merupakan pola umum laju reaksi kimia.

Tabel LR-1b3 Data Laju Reaksi Rata-Rata dan Laju Reaksi Sesaat

Interval Waktu ke-n (s)	Detik ke-	Laju Rata-Rata ($\text{mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$)	Laju Sesaat ($\text{mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$)
	0		-
1		$12,50 \times 10^{-3}$	
	5		$9,00 \times 10^{-3}$
2		$8,04 \times 10^{-3}$	
	10		$7,08 \times 10^{-3}$
3		$6,25 \times 10^{-3}$	
	15		$5,33 \times 10^{-3}$
4		$4,46 \times 10^{-3}$	
	20		$3,64 \times 10^{-3}$
5		$2,68 \times 10^{-3}$	
	25		$1,82 \times 10^{-3}$
6		$1,34 \times 10^{-3}$	
	30		$1,00 \times 10^{-3}$
7		$0,64 \times 10^{-3}$	
	35		$0,57 \times 10^{-3}$

Setelah penemuan, selanjutnya menemukan strategi metakognitif (menemukan cara yang jitu dan rasional menjamin kemudahan untuk mengingat kembali suatu pengetahuan/konsep ilmiah yang baru saja telah ditemukan sendiri). Tentu saja strategi metakognitif dari suatu temuan konsepsi ilmiah muncul dari keterampilan mengaitkan jenis-jenis pengetahuan terkait yakni pengetahuan faktual, prosedur ilmiah untuk membangun pengetahuan ilmiah (pengetahuan konseptual sebab-akibat) yang baru ditemukan tersebut. Berikut adalah contoh keterkaitan jenis-jenis pengetahuan konseptual (konsepsi ilmiah) perubahan entropi dari perubahan fase yang berhasil dikonstruksi melalui kegiatan 5M dengan keterkaitan pengetahuan faktual, prosedur ilmiah, dan metakognitifnya disajikan dalam bentuk tabel berikut.

C. Tugas Pembelajaran Materi Kluster LR-1:

- a. Tugas kelompok:** rangkuman kegiatan 5M ilmiah induktif (dikumpul bersamaan dengan isian LKPD sebagai tugas kelompok pasca-pembelajaran)
- 1) Isian kegiatan 5M dalam LKPD
 - 2) Buat rangkuman dalam bentuk isian tabel hubungan jenis pengetahuan faktual, prosedural, konseptual, dan metakognitif yang terkait dari konstruksi konsepsi ilmiah (= pengetahuan konseptual sebab-akibat) serta konsistensi variabel-variabel pembuktian hipotesis disajikan dalam tabel berikut.



Hipotesis	Pengetahuan faktual	Prosedur ilmiah (p.prosedural)	Variabel bebas (VB)	Variabel terikat (VT)	Variabel kontrol (VK)	Penge-tahuan prasyarat	Meta-kogniti

b. Tugas Perorangan: pemahaman dan pengayaan konsepsi ilmiah yang disasar

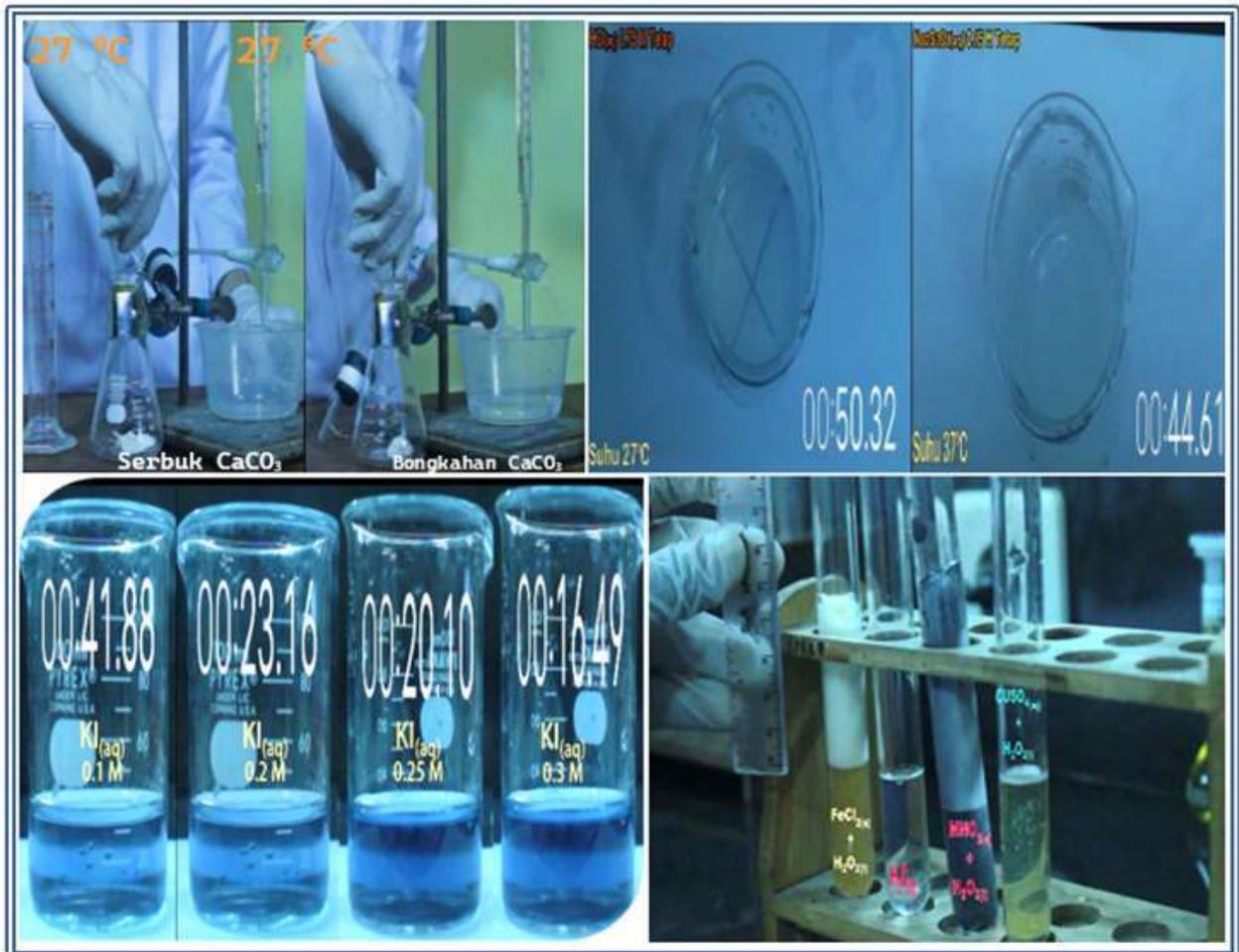
Identifikasi dan jawab soal-soal penguasaan konsep

- 1) Bagaimanakah laju reaksi antara CaCO_3 dan larutan HCl didefinisikan terhadap penambahan produk (CO_2) yang terbentuk
- 2) Dapatkah laju reaksi dinyatakan jika ditinjau dari konsentrasi reaktan (HCl) yang berkurang?
- 3) Apakah angka konversi laju reaksi antar zat-zat yang terlibat (penambahan CO_2 yang terbentuk dan pengurangan HCl yang bereaksi) dalam reaksi tersebut berdasarkan hasil percobaan berhubungan dengan koefisien reaksi?
- 4) Hubungan konsentrasi total gas CO_2 yang terbentuk terhadap waktu dapat dibuat dalam bentuk grafik (Gambar 1). Coba buat grafik hubungan konsentrasi sisa HCl terhadap waktu disajikan dalam Gambar 2.
- 5) Adakah hubungan antara konsentrasi gas CO_2 yang dihasilkan (produk) atau konsentrasi sisa HCl (reaktan) dengan lama (besar) suatu selang waktu reaksi terjadi? Jelaskan!
- 6) Berdasarkan pengamatan Anda apakah laju pembentukan gas pada 5 detik pertama sama dengan laju pembentukan gas pada 5 detik keempat? Apa hal itu sesuai dengan informasi dalam tabel pengolahan data?

References :

- Chang, R., (2002). *Chemistry. Seventh Edition*, Boston: McGraw-Hill Companies, Inc.
- William L. M, Cecile N. H. & Edward J.N., (2009). *Chemistry: Principles and Reactions, Seventh Edition*. Brooks/Cole Cengage Learning. USA
- Brady, J.E., (1990). *General Chemistry: Principle and Structure*. New York: John Wiley & Son.
- Chang, R., (2003). *General Chemistry : The Essential Concepts, Third Edition*. The McGraw-Hill Companies.
- Silberberg, M.S. (2003). *Chemistry The Molecular nature of Matter and Change*. Third Edition. New York : McGraw-Hill Higher Education.
- Wijaya, D. 2019. *Smart Pocket Kimia SMA/MA Kelas X,XI,XII*. Cetakan Ke-1. Yogyakarta: Charissa Publisher.

UNIT 2: TAUTAN PRESENTASI VIDEO EKSPERIMEN DALAM LKPD PBL PENGARUH LUAS PERMUKAAN, SUHU, KONSENTRASI, DAN KATALIS TERHADAP LAJU REAKSI



NAMA :

KELAS :

NO. ABSEN :



Setiap unit pembelajaran secara umum menyajikan (a) lembar kerja peserta didik, (b) informasi materi rasional konsepsi ilmiah, dan (c) tugas kelompok dan perorangan.

A. Lembar Kerja Peserta Didik

1. Orientasi Siswa Terhadap Masalah

Tujuan pembelajaran sikap

1. Siswa menyadari dan mengakui adanya faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi dan peranannya di alam.
2. Siswa menunjukkan rasa ingin tahu/antusiasme dan disiplin dalam belajar melalui percobaan
3. Siswa menunjukkan perilaku objektif (jujur dan terbuka) melalui diskusi.
4. Siswa menunjukkan keuletan dan ketelitian dalam belajar melalui pengolahan dan analisis data.
5. Siswa berpikir kreatif dan inovatif dalam memecahkan masalah saat pembelajaran melalui pendekatan saintifik.
6. Siswa menunjukkan sikap bertanggungjawab melalui pelaksanaan kegiatan selama pembelajaran.
7. Siswa menunjukkan kerja sama dan toleransi melalui diskusi.
8. Siswa menunjukkan perilaku santun dan cinta damai selama pembelajaran.

Tujuan pengetahuan dan keterampilan

9. Siswa mampu menjelaskan faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi.
10. Siswa mampu menjelaskan pengaruh luas permukaan, suhu, konsentrasi, dan kehadiran katalis terhadap laju reaksi berdasarkan teori tumbukan.
11. Siswa mampu mengamati percobaan faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi melalui pengamatan video eksperimen dengan baik.
12. Siswa mampu mengidentifikasi alat dan bahan percobaan faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi melalui pengamatan video eksperimen dan sumber pustaka lainnya dengan benar.
13. Siswa mampu merancang hipotesis percobaan faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi melalui pengamatan video eksperimen dan sumber pustaka lainnya dengan benar.
14. mengidentifikasi variabel eksperimen faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi melalui pengamatan video eksperimen dan sumber pustaka lainnya dengan benar.
15. Siswa mampu menganalisis data hasil pengamatan percobaan faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi melalui pengamatan video eksperimen dan sumber pustaka lainnya dengan benar.
16. Siswa mampu menarik kesimpulan berdasarkan hasil analisis data mengidentifikasi variabel eksperimen faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi melalui pengamatan video eksperimen dan sumber pustaka lainnya dengan benar.

2. Mengorganisasikan Siswa untuk Belajar

a. Teks pengantar (berisi fenomena)

Suatu reaksi (reaksi yang sama) bisa terjadi dalam kondisi yang berbeda. (i) Reaksi pembentukan gas karbondioksida lebih cepat terbentuk dari bubuk batu kapur dibanding dari bongkahan batu kapur (luas permukaan berbeda untuk terjadi tempat tumbukan antar partikel reaktan) jika direaksikan dengan asam klorida. (ii) Pelepasan gas karbon dioksida dari soda kue dalam pembuatan roti jika dipanaskan atau reaksi antara asam sitrat dan natrium bikarbonat dalam air dingin dan dalam air hangat. (iii) Paku besi atau seng lebih cepat habis (korosi) dalam larutan HCl yang lebih pekat. Reaksi antara 0.10 M HCl (aq) dan natrium tiosulfat 0.135 M lebih cepat dibandingkan dengan natrium tiosulfat 0.075 M. (iv) Penguraian larutan hidrogen peroksida (H₂O₂) menjadi gas oksigen dan air lebih cepat dalam kehadiran serbuk mangan dioksida. Gejala nomor (ii) dan (iii) di laboratorium sering dipelajari dengan menggunakan contoh reaksi antara larutan natrium tiosulfat dan larutan asam klorida dengan mengukur lama waktu mulai awal hingga saat terjadinya warna tanda silang yang dibuat di bawah wadah tempat sistem reaksi tidak terlihat lagi (tertutup oleh tingkat kekeruhan tertentu dari belerang sebagai hasil reaksi saat terdispersi sebagai koloid sol). Pada saat demikian konsentrasi belerang sebagai produk besarnya tertentu (sama, tetapi waktu pencapaiannya berbeda) pada kondisi konsentrasi atau suhu yang berbeda untuk sistem reaksi tersebut. Makin cepat tanda silang tidak terlihat lagi, laju reaksi semakin cepat. Kajian yang sama juga dapat ditunjukkan dengan reaksi antara larutan KI dan larutan H₂O₂ dalam suasana asam dengan kehadiran sejumlah tertentu natrium tiosulfat dan beberapa tetes amilum sebagai indikator (variasi waktu yang diperlukan sampel hingga mencapai warna biru menunjukkan variasi laju reaksi yang mengikuti variasi sampel).



<https://youtu.be/BWN8xVuzuFI>



<https://youtu.be/oeM6hKm6Td>



<https://youtu.be/r4IZDPpN->



<https://youtu.be/kV0BqG0On9E>

b. Identifikasi masalah (mengamati atau M1)

Informasi latar munculnya konsepsi ilmiah tentang pengaruh faktor-faktor (konsentrasi, luas permukaan, suhu dan katalis) terhadap laju reaksi dalam fenomena atau pengalaman di sekitar sebagai berikut (diisi).

<ul style="list-style-type: none"> •..... •..... 	
--	--



c. Batasan masalah (menanya atau M2)

Dari identifikasi masalah yang telah ditemukan pilihlah masalah yang menjadi batasan masalah sesuai.

d. Rumusan masalah (menanya)

Berupa pertanyaan klarifikasi informasi dan rumusan masalah investigasi sebagai berikut (diisi).

c) Pertanyaan Klasifikasi (faktual):

d) Rumusan masalah investigatif:

e. Membuat hipotesis (mengumpulkan data atau M3)

Jawaban terhadap rumusan masalah investigasi diperoleh melalui beberapa langkah. Rumusan hipotesis dari rumusan masalah investigasi terdiri dari (terutama dalam bentuk sebuah kalimat pasif sebab-akibat untuk induktif) sebagai berikut.

3. Membimbing Penyelidikan Individu Maupun Kelas

a. Rancangan Percobaan (mengumpulkan data)

Untuk menguji hipotesis yang Anda rumuskan, rancanglah percobaan pembuktian setiap hipotesis dengan menentukan variabel percobaan, rancangan/desain percobaan setiap hipotesis, alat dan bahan, prosedur kerja, dan format pencatatan data!

1) Variabel Percobaan

Variabel bebas, terikat, dan kontrol dari setiap hipotesis di atas disajikan dalam tabel contoh berikut (diisi dan bentuk tabel bisa diubah sesuai kepentingan). Jumlah baris bisa ditambah jika ada suatu hipotesis yang berupa variabel bebas dan/atau variabel terikat ganda (multi variabel bebas).

Hipotesis	V.bebas	V.terikat	V.kontrol
Laju reaksi semakin cepat dengan semakin besarnya konsentrasi, suhu, dan luas permukaan raktan reaksi (oleh peningkatan jumlah tumbukan efektif per satuan volum), serta dengan kehadiran katalis (dengan



penurunan energi aktivasi melalui pembentukan kompleks terkativasi intermediat).			
--	--	--	--

2). Rancangan pembuktian hipotesis

Rancangan pembuktian hipotesis berupa pemberian variasi nilai (sampel variabel bebas), perkiraan variasi nilai variabel terikat (variasi efek dari akibat variasi perlakuan atau sampel variabel bebas), variabel lain yang mungkin berpengaruh dan dibuat sama agar tidak berpengaruh (sebagai variabel kontrol). Setiap variabel bebas (VB) maupun variabel terikat (VT) masih bisa dipecah menjadi beberapa VB atau VT yang lebih khusus jika hipotesisnya multivariat (lebih dari satu variabel bebas / terikat) sesuai dengan bunyi hipotesis.

Desain Percobaan (Pembuktian Hipotesis)*

VB (faktor)	VT (cepat perubahan ciri)	VK
pengaruh luas permukaan:		Konsentrasi sama, suhu tetap, tanpa katalis
pengaruh suhu (VB):		Luas permukaan sama (sama-sama larutan), konsentrasi sama, tanpa katalis
Pengaruh konsentrasi		suhu tetap dan tanpa katalis
Pengaruh katalis		suhu dan konsentrasi sama

*Bentuk tabel bisa diubah, misalnya keempat VB dibuat dalam bentuk kolom kesamping.

3). Alat dan bahan yang diperlukan untuk mengumpulkan data setiap hipotesis disajikan dalam tabel berikut.

Bahan		Alat	
Nama	Spesifikasi & kuantitas	Nama	Spesifikasi dan jumlah

4). Cara kerja pengumpulan data

Cara kerja mendapatkan data untuk pembuktian hipotesis (kalimat tidak berupa kalimat perintah, gunakan kalimat persuasif pasif).

i) Hipotesis 1 pengaruh luas permukaan

-
-
-
-



Versi panjang
<https://youtu.be/gmfUt4Lqjvk>
Pendek
<https://youtu.be/I6NsZ5JaT3U>

ii) Hipotesis 2 pengaruh suhu

-
-
-
-



Versi panjang
<https://youtu.be/dHPnHhj7RJs>
Pendek
<https://youtu.be/9WTgXQAOQII>

iii) Hipotesis 3 pengaruh konsentrasi

-
-
-
-



Versi panjang
<https://youtu.be/5EwbhAq77vo>
Pendek
<https://youtu.be/7oXZ8oN57ZM>

iv) Hipotesis 4 Pengaruh katalis

-
-
-
-



Versi panjang
<https://youtu.be/fxRe310JLg>
Pendek
<https://youtu.be/nDtZpcPnxCI>

5). Tabel pencatatan data (boleh sama dengan tabe rancangan pembuktian hipotesis atau bisa disederhanakan atau ditambah/dikembangkan jika dianggap perlu).

Pelaksanaan pengumpulan data dan mencatat data yang diperoleh dalam tabel pencatatan data yang telah dirancang (data primer dan/atau sekunder).

Catatan, karena rancangan kegiatan ini memprioritaskan penggunaan data primer. Namun jika pengambilan data primer tidak dimungkinkan dan/atau ketersediaan alokasi waktu tatap muka sangat terbatas, penggunaan data eksperimen tidak langsung (*secondary*) dimungkinkan (studi dokumen). Langkah penentuan alat dan bahan, cara kerja, dan pelaksanaan pengumpulan data sekunder dalam M3 bisa diprediksi seperti dengan cara kerja jika Anda mengambil data tersebut langsung (nanti disempurnakan disesuaikan dengan yang digunakan penulisnya ketika



pelaksanaan pengumpulan data).. Tabel data pembuktian hipotesis bisa diisi langsung dengan data yang diperoleh dari sumber pustaka atau hasil kerja orang lain, namun kutipan terhadap sumber harus dituliskan.

Contoh data hasil eksperimen faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi (sebanding dengan harga $1/t$ untuk menghasilkan molaritas produk yang sama) sebagai berikut.

Hipo tesis	Variabel Kontrol	Perlakuan (Variabel Bebas)	VB: waktu hingga ciri kuantitas tertentu diamati	
			t	1/t
1	$\text{CaCO}_3(\text{s}) + \text{HCl}(\text{aq}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + \text{CaCl}_2(\text{aq})$	1 gram bongkahan + 50 mL 0,2 M $\text{HCl}(\text{aq})$		
		1 gram serbuk + 50 mL 0,2 M $\text{HCl}(\text{aq})$		
2	[$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3(\text{aq})$] dan [$\text{HCl}(\text{aq})$] tetap	27 °C 25 mL 0,15 M $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3(\text{aq}) + 27^\circ\text{C}$ 5 mL 0,75 M $\text{HCl}(\text{aq}) + 20$ mL aquades dengan total volume campuran yang mengandung 0,075 M $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ dan 0,075 M HCl		
		37°C campuran larutan yang mengandung 0,075 M $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ dan 0,75 M HCl		
3	[HCl] tetap 5 mL 0,75 M dengan total volume campuran 50 mL = 0,075 M	+ 45 mL 0,15 M $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3(\text{aq}) + 0$ mL aquades (dengan volume total campuran reaksi:50 mL) = 0,135 M $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$		
		+ 35 mL 0,15 M $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3(\text{aq}) + 10$ mL aquades = 0,105 M $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$		
		+ 25 mL 0,15 M $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3(\text{aq}) + 20$ mL aquades = 0,075 M $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$		
		+ 15 mL 0,15 M $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3(\text{aq}) + 30$ mL aquades = 0,045 M $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$		
		+ 5 mL 0,15 M $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3(\text{aq}) + 40$ mL aquades = 0,015 M $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$		
		Dalam total volume campuran reaksi 30 mL : 10 ML KI 0,20 M (=0,067 M) + 5 mL 1,00 M HCl (=0,167 M) dan 5 mL 0,10 M $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (0,5 mmol)	10 mL 0,30 M H_2O_2 dengan total volume campuran reaksi 30 mL = 0,10 M	
10 mL 0,25 M H_2O_2 dengan total volume campuran reaksi 30 mL = 0,0833 M				
10 mL 0,2 M H_2O_2 dengan total volume campuran reaksi 30 mL = 0,0667 M				
10 mL 0,15 M H_2O_2 dengan total volume campuran reaksi 30 mL = 0,05 M				
10 mL 0,1 M H_2O_2 dengan total volume campuran reaksi 30 mL = 0,0333 M				
4	$\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq}) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{O}_2(\text{g})$	5 mL 2 M $\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq})$ 25°C tanpa kehadiran katalis		
		5 mL 2 M $\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq})$ 25°C dengan kehadiran katalis $\text{FeCl}_2(\text{aq})$		
		5 mL 2 M $\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq})$ 25°C dengan kehadiran katalis $\text{MnO}_2(\text{s})$		

4. Mengembangkan dan Menyajikan Hasil Karya (mengasosiasi atau M4)

Mengasosiasi meliputi pengolahan, analisis data, dan membuat kesimpulan yang disertai konfirmasi penerimaan/penolakan hipotesis.



- 3)

 (hipotesis 3 diterima/ditolak).
- 4)

 (hipotesis 4 diterima/ditolak).

5. Menganalisis dan Mengevaluasi Proses Pemecahan Masalah (Mengkomunikasi M5)

kami menyajikan hasil kegiatan belajar dengan pendekatan ilmiah dalam forum (misalnya: diskusi/ presentasi/majalah/seminar ini – pilih sesuai dengan yang akan dilakukan) dalam bentuk.....sebagai berikut.

B. Informasi Materi Konsepsi ilmiah tentang faktor mempengaruhi laju reaksi

Fenomena

Pengetahuan prasyarat dan informasi awal dalam paragraf fenomena cukup memberikan informasi awal sebagai berikut. Pengetahuan prasyarat minimal molaritas larutan, laju reaksi berbanding terbalik dengan waktu reaksi (laju reaksi $\sim 1/t$), membaca dan membuat grafik konsentrasi terhadap waktu reaksi dari data hasil eksperimen. Fenomena memberikan beberapa kelompok informasi awal berupa faktor-faktor yang dapat mempengaruhi laju reaksi yakni luas permukaan kontak, suhu, konsentrasi reaktan dan katalis. Dari informasi awal yang didapat dimungkinkan untuk melahirkan rumusan masalah investigasi yakni bagaimana pengaruh luas permukaan, suhu, dan konsentrasi, serta katalis terhadap laju reaksi?

Agar pengumpulan data untuk konstruksi konsepsi ilmiah sebagai jawaban rumusan masalah di atas, maka perlu diawali dengan rumusan hipotesis untuk setiap rumusan masalah investigasi dalam bentuk pengetahuan konseptual sebab akibat induktif yang menggunakan kalimat pasif sesuai dengan kemunculan informasi yang mulai dari contoh-contoh peristiwa sebagai berikut. Hipotesis sesuai dengan rumusan masalah “laju reaksi semakin cepat dengan semakin besarnya konsentrasi, suhu, dan lpermukaan raktan reaksi, serta dengan kehadiran katalis”.

Rumusan hipotesi berupa multi Variabel bebas (VB) dengan sebuah variabel terikat (VT). Variabel bebas (VB) berupa luas permukaan, suhu, konsentrasi dan katalis. Variabel terikat berupa laju reaksi ($\sim 1/t$). Sementara variabel control menyesuaikan dengan tahapan rancangan pembuktian hipotesis. Sebagai contoh untuk tahap eksperimen pengaruh luas permukaan terhadap laju reaksi, variabel kontrol berupa suhu dan konsentrasi yang tetap serta tanpa kehadiran katalis.

Desain atau rancangan eksperimen terhadap ketiga hipotesis sesuai dengan variabel bebas (VB), variabel terikat(VT), dan variabel kontrol (VK) dengan memberi variasi nilai VB dan mengamati variasi nilai VT perlu disajikan dalam bentuk tabel rancangan pembuktian hipotesis. Tabel ini akan mengarahkan kepada tabel pencatatan data pada akhir kegiatan M3 dan tabel pengolahan untuk analisis data (fase mengasosiasi M4). Dengan demikian, nanti tabel pengolahan data dalam M4 dikembangkan dari tabel rancangan pembuktian hipotesis dan tabel pencatatan data tersebut. Dalam membuat ketiga tabel ini harus saling mempertimbangkan (saling kontrol) kesesuaiannya. Sajian aspek-aspek rancangan pembuktian hipotesis untuk variasi nilai VB dengan VT dengan keterbatasan variabel kontrol



merupakan aspek utama dalam tabel rancangan pembuktian hipotesis seperti yang telah disajikan dalam LKM fase awal M3 juga disajikan dalam tabel 3.1.1a.

Hipotesis	VB						VK	VK
	Reaksi kimia	[reaktan 1]	[Reaktan lain]	Suhu reaksi	Luas permukaan	Kehadiran katalis	Laju reaksi (1/t) atau perbedan relatifnya	
Laju reaksi semakin cepat dengan semakin besarnya konsentrasi suhu, dan luas permukaan reaktan reaksi (oleh peningkatan jumlah tumbukan efektif per satuan volum serta dengan kehadiran katalis (dengan penurunan energi aktivasi melalui pembentukan kompleks teraktivasi intermediat).	$\text{CaCO}_{3(s)} + \text{HCl}_{(aq)} \rightarrow \text{CO}_{2(g)} + \text{H}_2\text{O} + \text{CaCl}_{2(aq)}$	1 gr bongkahan batu kapur (CaCO_3)	50 mL 0.2 M $\text{HCl}_{(aq)}$	27 °C	<	Tanpa katalis		Konsentrasi dan suhu tetap tanpa katalis
		1 gr Serbuk dari bongkahan (CaCO_3)	50 mL 0.2 M $\text{HCl}_{(aq)}$	27 °C	>	Tanpa katalis		
Laju reaksi semakin cepat dengan semakin besarnya konsentrasi suhu, dan luas permukaan reaktan reaksi (oleh peningkatan jumlah tumbukan efektif per satuan volum serta dengan kehadiran katalis (dengan penurunan energi aktivasi melalui pembentukan kompleks teraktivasi intermediat).	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3(aq) + \text{HCl}_{(aq)} \rightarrow \text{S}_{(s)} + \text{Na}_2\text{SO}_3(aq)$	Mengandung 0.075 M $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	Mengandung 0.075 M HCl	27 °C	Larutan (sama)	Tanpa katalis		Konsentrasi tetap dan tanpa katalis
		Mengandung 0.075 M $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$		37 °C				
Laju reaksi semakin cepat dengan semakin besarnya konsentrasi suhu, dan luas permukaan reaktan reaksi (oleh peningkatan jumlah tumbukan efektif per satuan volum serta dengan kehadiran katalis (dengan penurunan energi aktivasi melalui pembentukan kompleks teraktivasi intermediat).	$\text{H}_2\text{O}_2(l) + 2\text{KI}_{(aq)} + 2\text{HCl}_{(aq)} \rightarrow \text{I}_{2(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{2(l)} + 2\text{KCl}_{(aq)}$ • II: $\text{I}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_3(aq) \rightarrow \text{KI} + \text{S}_4\text{O}_6^{2-} + \text{I}_2$ sisa +	10 mL 0,30 M H_2O_2 dengan total volume campuran reaksi 30 mL = 0,10 M	Mengandung 0.067 M KI, 0,167 M HCl , dan 0.5 mmol $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	27 °C	Larutan	Tanpa katalis	$t = \text{LR}$ bentuk $\text{I}_2 = (0,25 \text{ mmol}/30)$ dibagi $t = \dots$	Suhu dan konsentrasi reaktan lain tetap, & tanpa penambahan katalis
		10 mL 0,25 M H_2O_2 dengan total volume campuran reaksi 30 mL = 0,0833 M					$t = \dots$ $\text{LR} = \dots$	
		10 mL 0,2 M H_2O_2 dengan total volume campuran reaksi 30 mL = 0,0667 M					$t = \dots$ $\text{LR} = \dots$	

amilum (biru) Jadi 0.5, mmol Na ₂ S ₂ O _{3(aq)}) ~ 0.25 mmol I ₂ maka LR pembentuk an I ₂ dari reaksi H ₂ O ₂ dan KI = (0,25 mmol/30 ml) / t	10 mL 0,15 M H ₂ O ₂ dengan total volume campuran reaksi 30 mL = 0,05 M				t = LR =....	
	10 mL 0,1 M H ₂ O ₂ dengan total volume campuran reaksi 30 mL = 0,333 M				t = LR =....	
2H ₂ O _{2(aq)} → 2H ₂ O _(l) + O _{2(g)}	1,0 M 2H ₂ O _{2(aq)}	27 °C		Tanpa katalis		Suhu dan konsentrasi tetap
	1,0 M 2H ₂ O _{2(aq)}	27 °C		+ katalis MnO _{2(s)}		
	1,0 M 2H ₂ O _{2(aq)}	27 °C		+ katalis FeCl _{2(aq)}		

Untuk pengumpulan data pembuktian hipotesis sesuai rancangan diperlukan alat-alat dan bahan sebagai berikut.

Alat	Bahan
<ul style="list-style-type: none"> Perangkat melakukan reaksi kimia menggunakan gelas kimia dengan berbagai variasi : 6 buah gelas kimia ukuran 100 mL, 6 buah erlenmeyer 100 mL ,3 buah labu ukur 100 mL, pipet ukur (pipet gondok 5 mL dan pipet gradasi 5 mL), batang pengaduk, tabung penampung dan pengukur volume gas (buret modifikasi), termometer, mistar/penggaris, <i>hotplate</i>, dan <i>stopwatch</i> 	<ul style="list-style-type: none"> Bongkahan dan serbuk CaCO_{3(s)} Larutan HCl_(aq) 0.1 M, 0.2M, 0.25M, 0.5M, 0.75 M & 1 M Larutan natrium tiosulfat (Na₂S₂O_{3(aq)}) 0.15 M & 0.1 M Larutan KI_(aq) 0.1 M, 0.15 M, 0.2 M, 0.25 M, 0.3 M Hidrogen Peroksida (H₂O_{2(l)}) 0.1 M, 0.15 M, 0.2 M, 0.25 M, 0.3 M, dan 2 M Amilum 1% Serbuk MnO_{2(s)}, Larutan FeCl_{2(aq)}, Larutan CuSo_{4(aq)}, & Larutan deterjen

Prosedur ringkas pengambilan data eksperimen untuk pmbuktian hipotesis sesuai dengan rancangan dan video pengambilan data dalam lembar kerja sebagai berikut. Hipotesis melibatkan empat faktor yang mempengaruhi laju reaksi sebagai variabel bebas.

(1) Pengaruh luas permukaan sentuh/kontak reaski bisa dibuktikan dengan membandingkan laju pembentukan gas CO₂ dari 1 gram bongkahan batu kapur dan 1 gram serbuk batu kapur masing-masing dengan 50 mL 0.2 molar larutan HCl. Reaksi bisa dilakukan dengan menggunakan dua set rangkaian alat penampung dan pengukur gas CO_{2(g)} produk dari reaksi satu (a) untuk 1 gram bongkahan CaCO₃ dengan 50 mL HCl_(aq) 0.2 M. (b) merupakan 1 gram serbuk CaCO_{3(s)} direaksikan dengan 50 mL HCl_(aq) 0.2 M. waktu pencapaian untuk sejumlah volum gas yang sama dan/atau hingga salah satu reaktan habis. Eksperimen juga boleh dilakukan secara bergantian jika hanya tersedia satu set alat. Prosedur mengikuti video rekaman eksperimen yang disajikan dalam lembar kerja pengumpulan data pengaruh luas permukaan.



(2) pengaruh suhu terhadap laju reaksi dapat diungkap dari variasi waktu yang dibutuhkan oleh variasi suhu sampel (misalnya 27°C dan 37°C) hingga tanda silang dibawah gelas kimia (wadah reaksi) terlihat buram oleh reaksi antara natrium tiosulfat dan larutan $\text{HCl}_{(\text{aq})}$ dengan konsentrasi setiap reaktan yang sama. Misalnya setiap sampel dengan variasi suhu yang berbeda melibatkan reaksi antara 25 mL 0,15 M $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3_{(\text{aq})}$ ditambah campuran (5 mL 0,75 M $\text{HCl}_{(\text{aq})}$ dan 20 aquades mL) dengan total volume campuran 50 mL atau 50 mL campuran mengandung 0,075 M $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3_{(\text{aq})}$ dan 0,075 M $\text{HCl}_{(\text{aq})}$. bagian bawah gelas kimia sebagai wadah reaksi dibuat tanda silang dengan warna serta ketebalan yang sama. Satu dilakukan pada suhu kamar (27°C) dan satunya lagi dilakukan pada suhu 37°C (sebelum tanda silang tepat tidak terlihat lagi dalam reaksi, kekeruhan campuran tertentu atau kuantitas belerang produk persatuan volum adalah sama. Variasi waktu pencapaian menunjukkan variasi laju reaksi. Prosedur mengikuti video rekaman eksperimen yang disajikan dalam lembar kerja pengumpulan data pengaruh suhu.

(3) pengaruh konsentrasi dapat ditunjukkan oleh reaksi antara larutan H_2O_2 dan larutan KI, misalnya pengaruh konsentrasi H_2O_2 dengan variasi konsentrasi 0,1 M, 0,15 M, 0,2 M, 0,25M, dan 0,3 M pada suhu sistem, konsentrasi larutan KI, dan keasaman yang sama. Prosedur mengikuti video rekaman eksperimen yang disajikan dalam lembar kerja pengumpulan data pengaruh konsentrasi. Setiap sampel reaksi disiapkan secara terpisah (i) larutan 10 mL 0,20 M KI ditambah 5 mL 1,0 M HCl, (ii) 10 mL larutan H_2O_2 dan (iii) 5 mL 0,10 M dalam gelas kimia wadah reaksi dengan konsentrasi sesuai rancangan sampel $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3_{(\text{aq})}$ yang ditambah 3 tetes larutan amilum 1% (sebagai indikator). Setelah pencatatan waktu dengan stopwatch siap, reaksi dimulai dengan menuangkan larutan (i) dan (ii) secara bersamaan ke dalam larutan (iii) serta pengukuran waktu (*stopwatch* diaktifkan) reaksi dimulai dari pencampuran. Campuran diaduk dan lama waktu hingga campuran mencapai warna biru yang konsisten dicatat. Langkah demikian diulang hanya dengan menyesuaikan konsentrasi H_2O_2 larutan (ii) sesuai dengan variasi sampel. Konsentrasi setiap komponen reaksi dihitung ulang sesuai dengan total volum akhir campuran ketika warna biru tercapai. Laju reaksi pembentukan I_2 dapat dihitung adalah setengah dari mmol larutan natrium tiosulfat dibagi volum campuran dan waktu saat warna biru muncul. Data sesuai dengan variasi sampel ditabelkan dan dibuat grafik laju reaksi konsentrasi H_2O_2 .

(4) tahap eksperimen pembuktian pengaruh kehadiran katalis dapat berupa laju reaksi penguraian larutan hidrogen peroksida dengan konsentrasi dan suhu yang sama, tetapi dengan kehadiran dan tanpa kehadiran katalis seperti $\text{MnO}_2_{(\text{s})}$ atau ion Fe^{2+} . Prosedur mengikuti video rekaman eksperimen yang disajikan dalam lembar kerja pengumpulan data pengaruh katalis. Disiapkan tiga tabung reaksi, setiap tabung diisi dengan 5 mL 1,0 M H_2O_2 yang ditambah 3 tetes larutan detergen. Pada waktu yang sama, tabung (i) ditambah serbuk $\text{MnO}_2_{(\text{s})}$ (padatan sukar larut), tabung (ii) ditambah 5 tetes larutan Fe^{2+} , dan tabung (iii) tanpa penambahan zat lain (tanpa kehadiran katalis). Ketiga tabung dikocok secukupnya dan kemudian dидiamkan serta diamati perubahan yang terjadi. Untuk selang waktu yang sama misalnya per 1 menit tinggi buih yang timbul pada setiap tabung reaksi diukur ketinggiannya menggunakan penggaris/mistar, lalu bandingkan tinggi buih setiap tabung.

Semua data hasil eksperimen dicatat dalam tabel pencatatan data sesuai dengan



rancangan pembuktian hipotesis. Format (tabel) pencatatan data hasil pengumpulan data untuk pembuktian hipotesis mungkin bisa tidak serumit tabel reancangan percobaan atau tabel pengolahan analisis data. Namun untuk menjamin kelengkapan informasi, tabel pencatatan data hasil eksperimen dan pengolahannya mengacu pada tabel pembuktian hipotesis (tabel yang sama). Sengan pertimbangan efisiensi penulisan dokumen micro learning ini, tabel pencatatan dat yang sekaligus sudah diisi dengan catatan data hasil eksperimen (akhir M3) dan tabel pengolahan data (awal M4) disajikan bersamaan (digabung) dalam tabel 3.1.2.1b.

Hipotesis	VB						VK	VK
	Reaksi kimia	[reaktan 1]	[Reaktan lain]	Suhu reaksi	Luas permukaan	Kehadiran katalis	Laju reaksi (1/t) atau perbedaan relatifnya	
Laju reaksi semakin cepat dengan semakin besarnya konsentrasi suhu, dan luas permukaan reaktan reaksi (oleh peningkatan jumlah tumbukan efektif per satuan volum serta dengan kehadiran katalis (dengan penurunan energi aktivasi melalui pembentukan kompleks teraktivasi intermediat)	$\text{CaCO}_{3(s)} + \text{HCl}_{(aq)} \rightarrow \text{CO}_{2(g)} + \text{H}_2\text{O} + \text{CaCl}_{2(aq)}$	1 gr bongkahan batu kapur (CaCO_3)	50 mL 0.2 M $\text{HCl}_{(aq)}$	27 °C	<	Tanpa katalis	~1/t (padatan habis)>	Konsentrasi dan suhu tetap tanpa katalis
		1 gr Serbuk dari bongkahan (CaCO_3)	50 mL 0.2 M $\text{HCl}_{(aq)}$	27 °C	>	Tanpa katalis	>>	
suhu, dan luas permukaan reaktan reaksi (oleh peningkatan jumlah tumbukan efektif per satuan volum serta dengan kehadiran katalis (dengan penurunan energi aktivasi melalui pembentukan kompleks teraktivasi intermediat)	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3(aq) + \text{HCl}_{(aq)} \rightarrow \text{S}_{(s)} + \text{Na}_2\text{SO}_3(aq)$	Mengandung 0.075 M $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	Mengandung 0.075 M HCl	27 °C	Larutan (sama)	Tanpa katalis	>	Konsentrasi tetap dan tanpa katalis
		Mengandung 0.075 M $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$		37 °C			>>	
suhu, dan luas permukaan reaktan reaksi (oleh peningkatan jumlah tumbukan efektif per satuan volum serta dengan kehadiran katalis (dengan penurunan energi aktivasi melalui pembentukan kompleks teraktivasi intermediat)	Larutan dengan total volume campuran reaksi 30 mL :	10 mL 0,30 M H_2O_2 dengan total volume campuran reaksi 30 mL = 0,10 M	Mengandung 0.067 M KI, 0,167 M HCl, dan 0.5 mmol $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	27 °C	Larutan	Tanpa katalis	$t = 14,88$ LR bentuk $I_2 = (0,25 \text{ mmol}/30/1.4.88 = 1,12 \times 10^{-3}$	Suhu dan konsentrasi reaktan lain tetap, & tanpa penambahan katalis
	• I: $\text{H}_2\text{O}_{2(l)} + 2\text{KI}_{(aq)} + 2\text{HCl}_{(aq)} \rightarrow \text{I}_{2(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{2(l)} + \text{KCl}_{(aq)}$	10 mL 0,25 M H_2O_2 dengan total volume campuran reaksi 30 mL = 0,0833 M					$t = 17,78 \text{ s}$ LR = $0,94 \times 10^{-3}$	
	• II: $\text{I}_2 + 0.05 \text{ mmol Na}_2\text{SO}_3(aq) \rightarrow \text{KI} + \text{S}_4\text{O}_6^{2-} + \text{I}_2$ sisa + amilum (biru)	10 mL 0,2 M H_2O_2 dengan total volume campuran reaksi 30 mL = 0,0667 M					$t = 22,51 \text{ s}$ LR = $0,74 \times 10^{-3}$	
	Jadi 0.5, mmol $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3(aq) \sim 0.25 \text{ mmol I}_2$ maka LR	10 mL 0,15 M H_2O_2 dengan total volume campuran reaksi 30 mL = 0,05 M					$t = 30,21 \text{ s}$ LR = $0,55 \times 10^{-3}$	

pembentukan I ₂ dari reaksi H ₂ O ₂ dan KI = (0,25 mmol/30 ml) /t	10 mL 0,1 M H ₂ O ₂ dengan total volume campuran reaksi 30 mL = 0,333 M					t = 43,88 s LR = 0,38 x 10 ⁻³	
2H ₂ O _{2(aq)} → 2H ₂ O(l) + O _{2(g)}	1,0 M 2H ₂ O _{2(aq)}	27 °C		Tanpa katalis	<	Suhu dan konsentrasi tetap	
	1,0 M 2H ₂ O _{2(aq)}	27 °C		+ katalis MnO _{2(s)}	>		
	1,0 M 2H ₂ O _{2(aq)}	27 °C		+ katalis FeCl _{2(aq)}	>		

Rangkuman hasil pengolahan data dalam tabel 3.1 1b memberi interpretasi bahawa (i) laju reaksi semakin cepat dengan peningkatan luas permukaan, (ii) laju reaksi semakin cepat dengan suhu semakin besar. (iii) laju reaksi semakin cepat dengan konsentrasi semakin besar, (iv) laju reaksi semakin cepat dengan kehadiran katalis. Analisis data hasil eksperimen untuk keperluan menerima atau menolak semua hipotesis melibatkan pengolahan data dan diskusi tahapan-tahapan rasional (dialog tanya jawab) menuju hasil analisis konfirmasi kebenaran rumusan hipotesis seperti yang diminta pada lembar kerja. Berikut hanya disajikan pembahasan sebagai perwujudan dialog tersebut.

Luas Permukaan

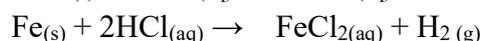
Seperti kajian sebelumnya di atas bahwa kayu yang dibelah menjadi serpihan kayu (menjadi bagian yang lebih kecil) akan lebih cepat terbakar daripada kayu yang dibiarkan dalam bentuk gelondongan (balok besar). Mengapa hal tersebut bisa terjadi? Untuk menjawab hal tersebut, marilah kita cermati uraian di bawah ini.



<https://youtu.be/D4ofmXeWcc4>

Contoh kayu yang dibakar tersebut menunjukkan bahwa suatu reaksi yang sama dapat berlangsung dengan laju yang berbeda, bergantung pada keadaan zat pereaksi. Hal ini mungkin erat kaitannya dengan luas permukaan bidang sentuh suatu zat yang bereaksi. Pengaruh luas permukaan bidang sentuh terhadap laju reaksi dapat diamati dari reaksi yang melibatkan pereaksi dalam bentuk padatan.

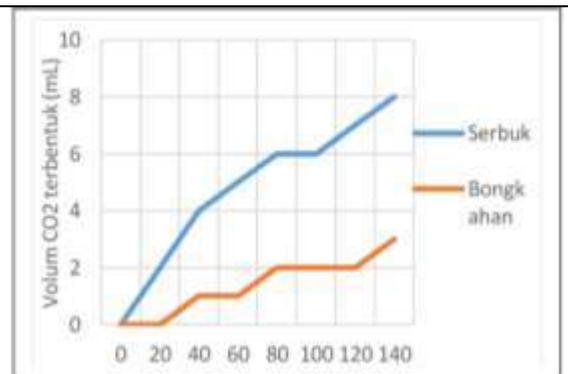
Suatu percobaan pengaruh luas permukaan terhadap laju reaksi dilakukan dengan mereaksikan serbuk batu kapur dan bongkahan batu kapur (massa sama) dengan HCl yang menghasilkan gas CO₂ atau serbuk besi dan batangan dengan larutan HCl yang menghasilkan gas H₂. Adapun reaksi yang terjadi sebagai berikut:



Perbedaan laju dapat diamati dari kecepatan pembentukan gelembung-gelembung gas CO₂, yakni waktu yang diperlukan sampai sejumlah volume tertentu gas CO₂ terbentuk dalam tabung penampung gas.

Tabel 3.1.1.2 volume (mL) gas CO₂ terbentuk dalam interval waktu

No	Lama reaksi (detik)	50 ml 0,2 M HCl	
		+ 1 gr CaCO ₃ serbuk	+ 1 gr CaCO ₃ bongkahan
1	0	0	0
2	20	2	0
3	40	4	1
4	60	5	1
5	80	6	2
6	100	6	2
7	120	7	2
8	140	8	3



Gambar b1. Laju pembentukan gas CO₂ dari serbuk dan bongkahan batu kapur

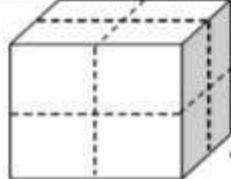
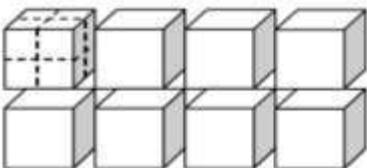
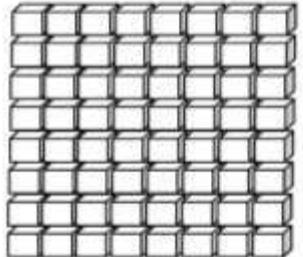
Dari sumber pustaka rujukan diperoleh data hasil eksperimen untuk logam besi dengan larutan HCl 3 molar sebagai berikut.

Tabel LR-1b5. waktu terbentuknya gas H₂

No	Batang Besi (0,5 gram)	Waktu (s) balon karet mulai berdiri	s ⁻¹ (Laju Reaksi Relatif)
1	Batangan (paku)	34	2,94 x 10 ⁻²
2	Serbuk besi	7	14,28 x 10 ⁻²

Berdasarkan data dalam Tabel 3.1.1.2, dapat dilihat bahwa laju reaksi serbuk batu kapur atau serbuk besi lebih cepat dari laju reaksi bongkahan batu kapur atau batangan besi. Batu kapur atau besi berbentuk serbuk memiliki ukuran butir-butir yang lebih kecil dibandingkan besi berbentuk batangan (paku). Atau secara cepat kualitatif jumlah gelembung yang muncul berkaitan dengan kecepatan reaksi yang terjadi. Hal tersebut menunjukkan bahwa reaksi batu kapur atau besi berbentuk serbuk berlangsung lebih cepat dibandingkan bentuk bongkahan atau batangannya.

Apakah ukuran partikel (luas permukaan materi) mempengaruhi laju reaksi? Ketika padatan besi dan larutan HCl tersebut bercampur dan bersentuhan satu sama lain, reaksi hanya terjadi pada permukaan besi. Perbedaan luas permukaan besi berbentuk batangan dan besi berbentuk serbuk dapat ditentukan. Untuk mempermudah pemahaman, dibawah ini dianalogikan sebagai kayu (massa sama) yang dibakar dalam bentuk kubus besra, kubus kecil, maupun serpihan-serpihan kayu.

 <p>Gambar b4</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Gambar 4 merupakan kayu yang berbentuk kubus besar (panjang masing-masing rusuk kubus adalah 20 cm). ➤ Luas sisi kubus di samping adalah 2.400 cm^2
 <p>Gambar b5</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Apabila kayu berbentuk kubus besar pada Gambar b4 di atas dipecah (panjang masing-masing rusuk kubus adalah 10 cm), maka akan diperoleh kubus kecil seperti pada Gambar b5 yang terdiri dari 8 bagian. ➤ Luas total sisi kubus kecil di samping adalah 4.800 cm^2.
 <p>Gambar b6</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Apabila masing-masing kayu berbentuk kubus kecil pada Gambar b5 di atas dipecah lagi menjadi lebih kecil (panjang masing-masing rusuk kubus adalah 5 cm), maka akan diperoleh serpihan kayu seperti pada Gambar b6 yang terdiri dari 64 bagian. ➤ Luas total sisi kubus (serpihan kayu) di samping adalah 9.600 cm^2.

Gambar b2. Ilustrasi penambahan luas permukaan dengan pemecahan bahan

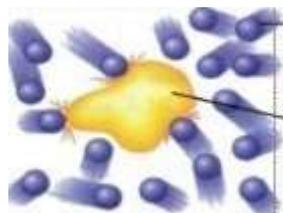
Dari ketiga bentuk dan ukuran kayu di atas, dapat dilihat bahwa yang mempunyai luas permukaan bidang sentuh paling besar yaitu Gambar b2c berupa serpihan-serpihan kayu yang paling kecil. Perbedaan penting yang dapat diamati dari ketiga gambar (massa tetap) di atas adalah ukuran kayu yang semakin kecil mengakibatkan luas permukaan (bidang sentuh reaksi) kayu yang semakin besar. Jadi untuk massa zat padat yang sama, semakin kecil ukuran partikel zat reaktan, maka luas permukaan bidang sentuh zat tersebut semakin besar. Kontak reaksi antar reaktan hanya terjadi dipermukaan butiran atau bongkahan. Hal inilah yang menyebabkan kayu yang dipotong dalam bentuk serpihan (Gambar b2c) lebih cepat terbakar dibandingkan kayu berbentuk gelondongan (kubus besar). Dengan memperbesar luas permukaan bidang sentuh (ukuran bagian-bagian reaktan padatan lebih kecil), suatu reaksi akan berlangsung lebih cepat.

Pada contoh percobaan di atas, besi berbentuk serbuk mempunyai ukuran yang lebih kecil dibandingkan besi berbentuk batangan, sehingga luas permukaan (bidang sentuh reaksi) dari besi berbentuk serbuk akan lebih besar dibandingkan bentuk batangannya. Peningkatan jumlah tumbukan antar partikel pada permukaan yang menghasilkan reaksi diilustrasikan dalam gambar b2.



<https://youtu.be/D4ofmXeWcc4>

(a) Eksperimen



Luas permukaan berkurang (b)

(b) Luas permukaan lebih besar



Partikel reaktan

Permukaan zat padat

Luas permukaan bertambah (c)

(c) Luas permukaan lebih kecil

Gambar b3. Pengaruh luas permukaan

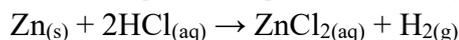
Gambar b2 di atas menunjukkan suatu zat dengan total luas permukaan dalam gambar (b) dari gambar (c). Perbedaan yang dapat diamati dari kedua gambar (b dan c) tersebut adalah (1) suatu zat dengan luas permukaan besar memiliki luas permukaan bidang sentuh (tumbukan) untuk menghasilkan reaksi yang lebih besar dibandingkan suatu zat dengan luas permukaan kecil, dan (2) frekuensi (kemungkinan) terjadinya tumbukan pada suatu zat dengan luas permukaan besar lebih banyak dibandingkan pada suatu zat dengan luas permukaan kecil.

Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa luas permukaan zat padat berhubungan dengan tumbukan. Semakin besar luas permukaan suatu zat padat maka luas permukaan bidang sentuh reaksi zat tersebut juga akan semakin besar. Luas permukaan bidang sentuh reaksi yang semakin besar mengakibatkan frekuensi terjadinya tumbukan semakin banyak. Apabila frekuensi tumbukan semakin banyak maka peluang terjadinya suatu reaksi akan semakin besar, sehingga laju reaksi juga akan semakin cepat.

Besi yang berbentuk serbuk memiliki luas permukaan sentuh (kontak reaksi) lebih besar) mempunyai laju reaksi yang lebih besar dibandingkan bentuk batangnya (luas permukaan lebih kecil). Adanya perbedaan ukuran zat-zat (padat) atau luas permukaan zat yang bereaksi menyebabkan laju reaksi berbeda, karena reaksi kimia terjadi pada permukaan zat (padat). Sehingga luas permukaan (ukuran partikel) dapat mempengaruhi laju reaksi.

Suhu

Di laboratorium, suatu percobaan dilakukan dengan mereaksikan larutan tiosulfat dengan larutan HCl (dengan pengamatan lama waktu tanda silang di balik atau dibawah wadah reaksi tidak terlihat lagi) atau dengan kuantitas terukur lebih jelas antara reaksi logam Zn dengan larutan HCl menghasilkan gas H₂ yang ditandai dengan munculnya gelembung-gelembung gas dan jumlah gas yang terbentuk dalam waktu tertentu dapat diukur. Adapun reaksi yang terjadi sebagai berikut:

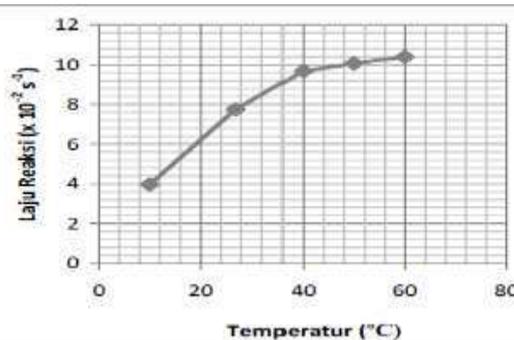


Percobaan dua variasi suhu (27^oC dan 37^oC) dilakukan dalam 50 mL volum larutan yang mengandung 0,075 M natrium tiosulfat dan 0,075 HCl mendapatkan lama waktu hingga tanda silang hilang adalah 45 detik untuk 37^oC dan 1 menit 17 detik untuk suhu 27^oC. Eksperimen dari sumber pustaka yang dilakukan pada lima variasi suhu (10^oC, 27^oC, 40^oC, 50^oC, dan 60^oC) pada reaksi antara logam seng dengan 3 M HCl, dilaporkan laju reaksi

pembentukan gas hidrogen disajikan dalam tabel 3.1.1.3.

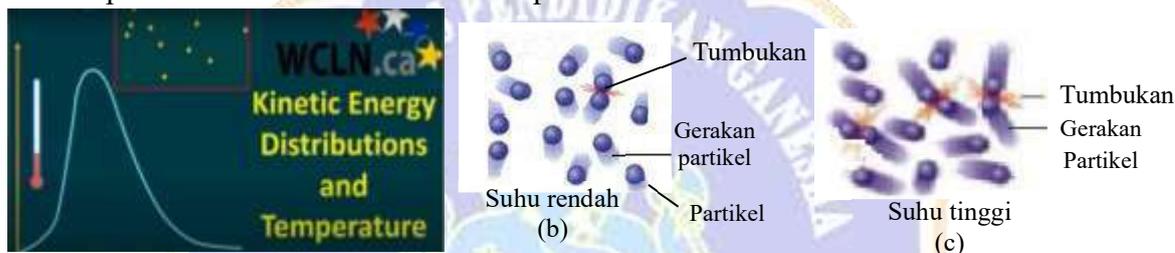
Tabel 3.1.1.3 waktu terbentuknya gas H₂ dengan volume tertentu (membuat balon yang sama mulai berdiri)

No	Temperatur (°C)	Waktu (s)	Laju Reaksi (s ⁻¹)
1	10 ⁰ C	25,27	3,96 x 10 ⁻²
2	27 ⁰ C	12,92	7,74 x 10 ⁻²
3	40 ⁰ C	10,35	9,66 x 10 ⁻²
4	50 ⁰ C	9,95	10,5 x 10 ⁻²
5	60 ⁰ C	9,64	10,37 x 10 ⁻²



Gambar b3. Laju reaksi terbentuknya pada temperatur bervariasi

data hasil percobaan yang dilakukan menunjukkan bahwa laju reaksi semakin besar seiring naiknya suhu. Hasil demikian sejalan dengan penjelasan dalam berbagai sumber pustaka dengan penjelasannya sebagai berikut. Peningkatan frekuensi tumbukan antara partikel reaktan pada suhu berbeda diilustrasikan pada Gambar b4.



Gambar b4. (a) jumlah partikel dengan E_A <https://youtu.be/xaXDARPYxyQ>

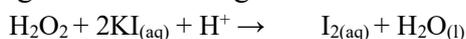
(b) Suatu Partikel Zat pada Temperatur Tinggi dan (c) Suatu Partikel Zat pada Temperatur Rendah

Dari Gambar b4, (b) merupakan suatu partikel zat pada temperatur tinggi, sedangkan gambar b merupakan suatu partikel zat pada temperatur rendah. Bayang-bayang biru pada gambar a dan b menunjukkan kecepatan partikel. Perbedaan yang dapat diamati dari kedua gambar (a dan b) tersebut adalah (1) suatu zat dengan temperatur tinggi memiliki pergerakan partikel yang lebih cepat dibandingkan suatu zat dengan temperatur rendah, dan (2) frekuensi (kemungkinan) terjadinya tumbukan pada suatu zat dengan temperatur tinggi lebih banyak dibandingkan pada suatu zat dengan temperatur rendah.

Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa temperatur zat berhubungan dengan tumbukan. Semakin tinggi temperatur suatu zat atau reaktan maka pergerakan partikel dari reaktan tersebut akan semakin cepat. Kecepatan partikel sebanding dengan energi kinetik partikel tersebut. Semakin cepat gerakan partikel suatu reaktan maka energi kinetik partikelnya akan semakin besar (banyak partikel dengan energi kinetik < E_A berubah menjadi memiliki E_k>E_A dan juga frekuensi tumbukan lebih besar jika volum ruang reaksi tetap). Pergerakan partikel yang semakin cepat dan tambahan jumlah partikel yang memiliki E_k>E_A yang semakin banyak mengakibatkan frekuensi tumbukan yang menghasilkan reaksi semakin banyak, sehingga laju reaksi juga akan semakin cepat. Frekuensi tumbukan merupakan banyaknya tumbukan per satuan waktu.

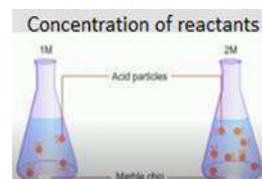
Konsentrasi

Eksperimen pengaruh konsentrasi terhadap laju reaksi untuk reaksi antara larutan KI dan larutan H₂O₂ dalam suasana asam membrntuk I₂. Reaksi yang dilibatkan sebagai berikut:



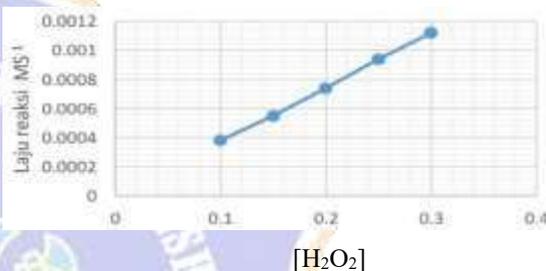
I_{2(aq)} + 2Na₂S₂O_{3(aq)} → 2 I_(aq) + S₄O₆²⁻, reaksi berlangsung sangat cepat,

pengukuran sejumlah produk I₂ yang sudah terbentuk (misalnya 5 mmol + 5 mL 0,10 M Na₂S₂O₃ untuk setiap reaksi sample) sebagai kuantitas pembatas (< mmol I₂ yang terbentuk) dan indikator amilum (ketika muncul warna biru yang konsisten) menunjukkan sejumlah I₂ (misalnya 2,5 mmol I₂ per volum saat warna biru tercapai ekuivalen dengan 5 mmol Na₂S₂O₃). Laju untuk pembentukan sejumlah produk I₂ adalah setengah dari mmol Na₂S₂O₃ per volum larutan campuran saat reaksi mencapai warna biru tersebut. Tabel (tabel 3.1.1.5) menyajikan variasi laju reaksi konsentrasi H₂O₂ sebagai berikut.



Tabel 3.1.1.4 waktu pembentukan I_{2(aq)} dari KI_(aq) + H₂O_{2(aq)}

No	(H ₂ O ₂)	Waktu (s)	Laju Reaksi (MS ⁻¹)
1	0,10 M	43,88	0,38 x 10 ⁻³
2	0,15 M	30,21	0,55 x 10 ⁻³
3	0,20 M	22,51	0,74 x 10 ⁻³
4	0,25 M	17,78	0,94 x 10 ⁻³
5	0,30 M	14,88	1,12 x 10 ⁻³



Gambar b5. Laju reaksi terhadap variasi H₂O₂

Data dalam tabel 3.1.1.4 dan grafik gambar b5 menunjukkan semakin tinggi konsentrasi reaktan H₂O₂ laju reaksi semakin cepat.

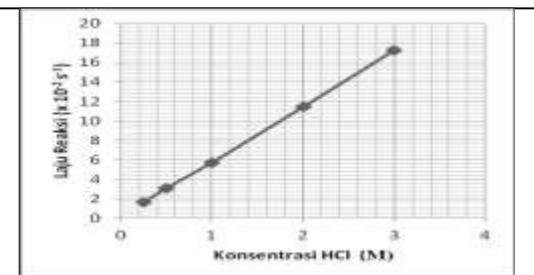
Contoh percobaan lain pengaruh konsentrasi dari sumber pustaka menggunakan reaksi antara logam seng dengan massa yang sama dan larutan HCl dengan konsentrasi 0,25 M; 0,5 M; 1 M; 2 M; dan 3 M. Reaksi antara logam Zn dengan larutan HCl menghasilkan gas H₂ yang ditandai dengan munculnya gelembung-gelembung gas. Adapun reaksi yang terjadi sebagai berikut:



Perbedaan laju dapat diamati dari kecepatan pembentukan gelembung-gelembung gas H₂, yakni waktu yang diperlukan sampai sejumlah volume tertentu gas H₂ terbentuk. Berikut ini disajikan data waktu terbentuknya gas H₂ dengan volume tertentu dan harga kebalikan waktu (s⁻¹) yang mempresentasikan laju reaksinya dalam bentuk Tabel (Tabel 3.1.1.5) dan grafik (Gambar b5) terhadap variasi konsentrasi HCl.

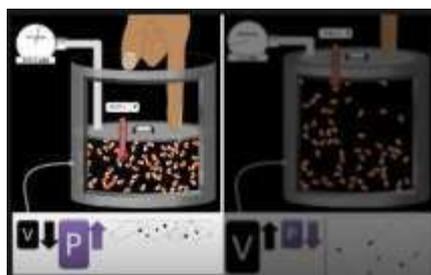
Tabel 3.1.1.5 waktu terbentuknya gas H₂ dengan Volume Tertentu

No	(HCl)	Waktu (s)	Laju Reaksi (S ⁻¹)
1	0,25 M	59,88	1,67 x 10 ⁻²
2	0,50 M	32,47	3,08 x 10 ⁻²
3	1,00 M	17,51	5,71 x 10 ⁻²
4	2,00 M	8,73	11,45 x 10 ⁻²
5	3,00 M	5,80	17,25 x 10 ⁻²



Gambar b6. Laju reaksi terhadap variasi konsentrasi HCl

Hasil kedua eksperimen tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi zat pereaksi maka laju reaksi semakin cepat. Jumlah tumbukan antar partikel reaktan dengan konsentrasi lebih besar, menyebabkan tumbukan lebih banyak, sehingga reaksi yang terjadi lebih besar seperti diilustrasikan dalam gambar b7. Peningkatan konsentrasi pada sistem campuran reaksi berfase gas bisa



Gambar b7. (a) Perbedaan konsentrasi zat <https://youtu.be/dSEIVEI2-cw>



(b)

(b) partikel-partikel zat dengan konsentrasi tinggi dan

Dari Gambar b7 mengilustrasikan peristiwa molekuler dari reaksi. Gambar (b) menunjukkan partikel-partikel suatu zat reaktan pada konsentrasi rendah, sedangkan gambar (c) merupakan partikel-partikel zat tersebut pada konsentrasi tinggi. Perbedaan yang dapat diamati dari kedua gambar (b dan c) tersebut adalah (1) suatu zat dengan konsentrasi tinggi memiliki jumlah partikel persatuan volum yang lebih banyak dibandingkan suatu zat dengan konsentrasi rendah, sehingga memiliki jarak antar partikel yang lebih rapat dibandingkan suatu zat dengan konsentrasi rendah, tetapi distribusi jumlah partikel dengan energi kinetiknya tidak berubah, dan (2) frekuensi terjadinya tumbukan dalam larutan suatu zat dengan konsentrasi tinggi lebih banyak dibandingkan dalam larutan reaktan dengan konsentrasi yang lebih rendah. Peningkatan frekuensi tumbukan per satuan volum hanya dikontribusi oleh kerapatan partikel yang membesar dan tidak melibatkan peningkatan jumlah proporsi dengan E_A yang meningkat seperti pada pengaruh suhu.

Jumlah partikel suatu zat sebanding dengan kerapatan partikel-partikelnya. Semakin banyak jumlah partikel suatu reaktan per satuan volum, maka jarak antar partikelnya akan semakin rapat. Partikel-partikel suatu reaktan tidaklah diam, melainkan selalu bergerak. Jumlah partikel yang semakin banyak dan jarak antar partikel yang semakin rapat mengakibatkan frekuensi (kemungkinan) terjadinya tumbukan semakin banyak. Frekuensi tumbukan merupakan banyaknya tumbukan yang terjadi dalam waktu tertentu. Dalam konsentrasi reaktan yang lebih besar, laju reaksi semakin cepat terjadi karena frekuensi tumbukan yang menghasilkan reaksi kimia semakin besar.

Katalis

Peningkatan laju reaksi dengan meningkatkan temperatur sering tidak efektif atau tidak dapat dilakukan. Pada kehidupan industri atau di masyarakat, peningkatan laju reaksi sering dilakukan dengan menambahkan zat lain yang tidak mengalami pengurangan ketika reaksi telah selesai. Seperti minyak lebih cepat tengik jika disimpan dalam kaleng besi dibandingkan jika disimpan dalam botol kaca. Besi sebagai bahan kaleng besi tidak berkurang massanya setelah minyak tersebut tengik. Dalam hal ini besi hanya mempercepat

proses terjadinya ketengikan. Besi dalam proses ketengikan minyak tersebut dianggap sebagai katalis.

Hasil percobaan pengaruh katalis terhadap laju reaksi dilakukan dengan reaksi dekomposisi larutan H_2O_2 dengan dan tanpa penambahan MnO_2 . Reaksi ini menghasilkan gas O_2 yang ditandai dengan munculnya gelembung-gelembung gas. Persamaan reaksi dekomposisi hidrogen peroksida adalah



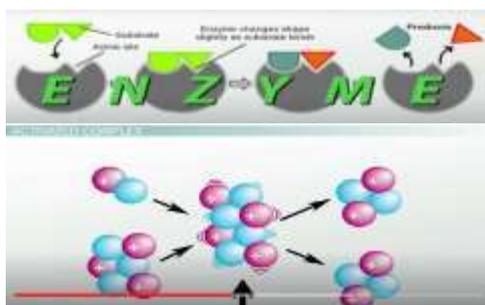
Banyaknya gelembung gas yang terbentuk dalam selang waktu tertentu laju reaksi tersebut. Data hasil percobaan penguraian larutan H_2O_2 dengan dan tanpa kehadiran MnO_2 disajikan dalam Tabel 12 dan Massa MnO_2 tidak berkurang setelah reaksi selesai.

Tabel LR-2b6. Cepat Lambatnya Gelembung Gas O_2 yang Terbentuk

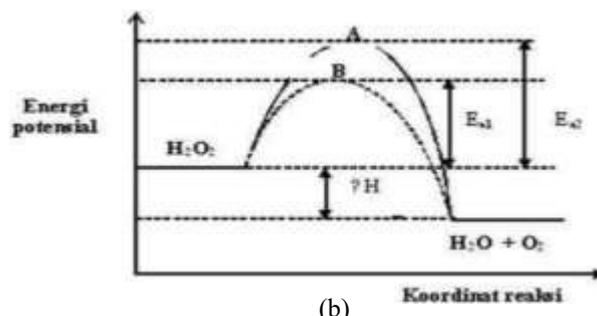
No	Larutan	Pengamatan	Keterangan
1	$H_2O_2 + MnO_2$	banyak gelembung (cepat)	dengan penambahan MnO_2
2	$H_2O_2 + Fe^{2+}$	Banyak gelembung (cepat)	dengan penambahan Fe^{2+}
3	H_2O_2	sedikit gelembung (lambat)	tanpa penambahan MnO_2

Dengan demikian, penambahan serbuk MnO_2 dalam reaksi penguraian H_2O_2 berfungsi sebagai katalis yang mempercepat laju reaksi. Dalam konteks katalis fase padat, umumnya reaktan bertumbukan dengan katalis yang sempat menempel pada permukaan katalis (dapat bergerak berpropagasi diikuti dengan penataan struktur elektroniknya yang memfasilitasi percepatan reaksi ke arah produk). Dengan demikian penempelan (agregasi) partikel reaktan pada katalis membentuk kompleks teraktifan dengan energi pengaktifan lebih rendah atau menurunkan energi pengaktifan untuk membentuk produk. di atas, dapat dilihat bahwa jumlah gelembung gas (O_2) yang muncul pada dekomposisi H_2O_2 dengan penambahan MnO_2 (larutan 1) lebih banyak dibandingkan dekomposisi H_2O_2 tanpa penambahan MnO_2 (larutan 2). Hal tersebut menunjukkan bahwa dekomposisi H_2O_2 dengan penambahan MnO_2 berlangsung lebih cepat dibandingkan dekomposisi H_2O_2 tanpa penambahan MnO_2 . Dalam larutan 1, MnO_2 mempercepat laju reaksi tanpa mengalami perubahan pengurangan massa ketika reaksi selesai atau sebagai katalis.

Katalis terlibat dalam menurunkan energi aktivasi melalui pembentukan kompleks teraktivasi dalam mempercepat reaksi. Katalis terbentuk kembali ketika pembentukan produk. Gambar b8 mengilustrasi secara umum katalis menurunkan energi pengaktifan melalui pembentukan spesi kompleks teraktivasi.



<https://youtu.be/dcbWDPQ4ghY>



(b)

Gambar b8. Animasi dan ilustrasi katalis



Grafik b8 menunjukkan pembentukan spesi kompleks teraktivasi dengan adanya katalis. Gambar b8b kurva A menunjukkan jalan atau jejak reaksi (*parthway*) tanpa adanya penambahan katalis dengan energi pengaktifan lebih tinggi dibandingkan dengan energi pengaktifan dari kurva B dengan kehadiran katalis. Tingginya energi pengaktifan yang dimiliki oleh reaksi tanpa menggunakan katalis menyebabkan energi kinetik dari molekul-molekul yang bertumbukan kurang mampu untuk melampaui energi pengaktifan (energi kinetik minimal dari partikel untuk menghasilkan reaksi kimia, sehingga produk akan sulit terbentuk dan reaksi tanpa bantuan katalis akan berlangsung lebih lambat). Hal tersebut dapat dilihat dari energi pengaktifan yang ditunjukkan oleh kurva B lebih rendah dibandingkan energi pengaktifan dari kurva A. lebih rendahnya energi pengaktifan yang disyaratkan dengan menggunakan katalis menyebabkan kemampuan energi kinetik untuk melampaui energi pengaktifan lebih mudah, sehingga produk akan lebih mudah terbentuk dan reaksi dengan berbantuan katalis akan berlangsung lebih cepat. Dengan kata lain katalis akan mempercepat laju reaksi dengan cara menurunkan energi pengaktifan.

Katalis mempercepat reaksi dengan menyediakan serangkaian tahapan elementer dengan kinetika yang lebih baik dibandingkan tanpa katalis. Misalnya, reaksi berikut memiliki konstanta k dan energi aktivasi E_a tertentu.



Namun demikian, dengan kehadiran katalis, konstanta lajunya adalah k_c (disebut konstanta laju katalitik).



Berdasarkan definisi katalis, $\text{laju}_{\text{berkatalis}} > \text{laju}_{\text{rakberkatalis}}$

Grafik di atas menunjukkan profil energi potensial untuk kedua reaksi. Meskipun reaktan dan produknya sama dalam kedua kasus ini, mekanisme dan hukum lajunya berbeda untuk kedua bentuk grafik. Perhatikan, energi potensial reaktan dan produk tidak dipengaruhi oleh katalis. Satu-satunya yang dipengaruhi oleh katalis adalah energi aktivasi. Katalis mempercepat laju reaksi melalui pembentukan kompleks reaktan katalis dengan energi aktivasi yang lebih rendah. Dalam suatu reaksi kimia, katalis ikut terlibat dalam reaksi, namun partikel katalis akan terbentuk kembali setelah produk terbentuk dan tidak mengalami penambahan atau pengurangan.

Berdasarkan uraian di atas, dapat disimpulkan bahwa katalis mempercepat laju reaksi dengan cara ikut terlibat membentuk kompleks teraktivasi yang memiliki energi aktivasi lebih rendah, namun di akhir reaksi akan terbentuk kembali. Untuk menurunkan energi aktivasi, katalis memberikan jalan alternatif terhadap zat reaktan agar reaksi dapat berlangsung. Katalis berperan mempengaruhi laju reaksi melalui adsorpsi (pada permukaan katalis heterogen) yang sering diikuti dengan pembentukan senyawa antara (zat intermediet dalam katalis homogen).

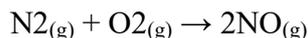
Katalis Heterogen

Katalis heterogen merupakan katalis yang memiliki fase berbeda dengan reaktan yang dikatalisis. Biasanya katalis berupa padatan dan reaktan berwujud gas atau cairan. Berbeda dengan katalis homogen, cara kerja katalis heterogen adalah melalui proses adsorpsi. Dalam hal ini, katalisator berwujud padat yang mampu mengikat sejumlah gas atau cairan dari



partikel zat reaktan pada permukaan katalisator. Misalnya, nikel atau platinum dalam bentuk bubuk halus mampu mengadsorpsi sejumlah besar aneka ragam gas. Gaya tarik menarik antara atom logam dengan molekul gas dapat memperlemah ikatan kovalen pada molekul gas, dan bahkan dapat memutuskan ikatan itu. Akibatnya, molekul gas yang teradsorpsi pada permukaan logam ini menjadi lebih reaktif daripada molekul gas yang tidak teradsorpsi.

Pada suhu tinggi di dalam mesin mobil yang sedang berjalan, gas nitrogen dan oksigen bereaksi membentuk nitrat oksida:



Ketika lepas ke atmosfer, NO segera bergabung membentuk NO₂. Nitrogen dioksida dan gas lain yang dikeluarkan oleh mesin mobil, seperti karbonmonoksida (CO) dan berbagai hidrokarbon yang tidak terbakar menjadikan mobil sebagai sumber utama pencemar udara. Untuk mengantisipasi hal tersebut, dalam kendaraan bermotor dipasang katalis oksida logam transisi atau logam mulia (padatan), seperti logam platinum pada saluran pembuangan mesin (knalpot) yang akan dilewati oleh gas buang. Katalis ini dimanfaatkan untuk mengubah gas buangan kendaraan bermotor yang berbahaya, yaitu CO, NO, dan NO₂ menjadi CO₂ serta N₂ dan O₂ yang tidak berbahaya bagi lingkungan.

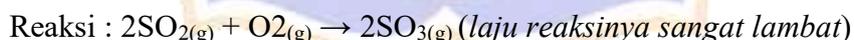
Katalis Homogen

Katalis homogen adalah katalis yang mempunyai fase yang sama dengan reaktan yang dikatalisisnya, biasanya dalam fase cairan. Cara kerja katalis homogen dalam mempercepat laju reaksi adalah dengan membentuk zat antara. Misalnya reaksi $\text{A} + \text{B} \rightarrow \text{AB}$ terjadi dengan laju reaksi yang sangat lambat. Kehadiran katalis (C) dapat mempercepat laju reaksi dengan tahapan reaksi sebagai berikut.

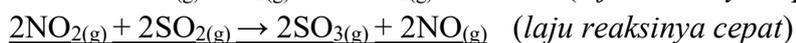
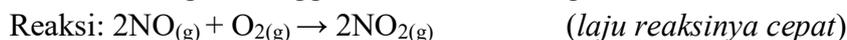


AC merupakan zat antara (intermediat).

Contoh reaksi yang melibatkan senyawa antara adalah reaksi fase gas antara gas SO₂ dengan gas O₂ membentuk gas SO₃ dalam industri dengan menggunakan katalisator gas NO.



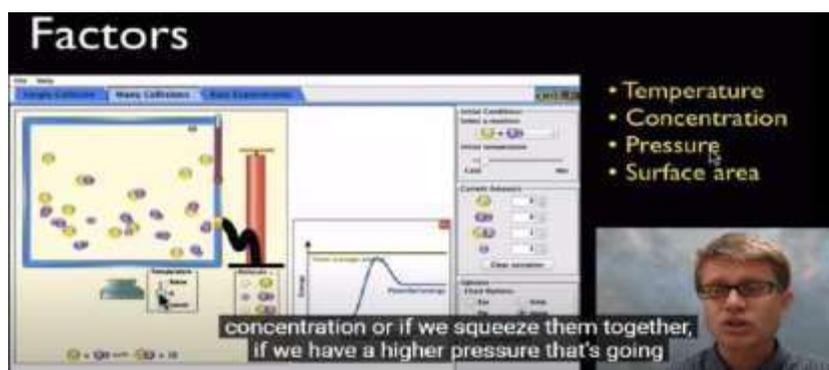
Mekanisme reaksi dengan menggunakan katalisator gas NO:



NO₂ merupakan senyawa antara dan pada akhir reaksi katalisator gas NO terbentuk kembali.



https://youtu.be/chNcfHX_CaI



<https://youtu.be/6mAqX31RRJU>

Setelah penemuan, selanjutnya menemukan strategi metakognitif (menemukan cara yang jitu dan rasional menjamin kemudahan untuk mengingat kembali suatu pengetahuan/konsepsi ilmiah yang baru saja telah ditemukan sendiri). Tentu saja strategi metakognitif dari suatu temuan konsepsi ilmiah muncul dari keterampilan mengaitkan jenis-jenis pengetahuan terkait yakni pengetahuan faktual, prosedur ilmiah untuk membangun pengetahuan ilmiah (pengetahuan konseptual sebab-akibat) yang baru ditemukan tersebut. Berikut adalah contoh keterkaitan jenis-jenis pengetahuan konseptual (konsepsi ilmiah) perubahan entropi dari perubahan fase yang berhasil dikonstruksi melalui kegiatan 5M dengan keterkaitan pengetahuan faktual, prosedur ilmiah, dan metakognitifnya disajikan dalam bentuk tabel berikut.

Hipotesis	Pengetahuan faktual	Prosedur ilmiah (p.prosedural)	Variabel bebas (VB)	Variabel terikat (VT)	Variabel kontrol (VK)	Penge-tahuan prasyarat	Meta-kognitif
Laju reaksi semakin cepat dengan semakin besarnya konsentrasi, suhu, dan luas permukaan reaktan reaksi (oleh peningkatan jumlah tumbukan efektif persatuan volum), serta dengan kehadiran katalis (dengan penurunan energi aktivasi)	<ul style="list-style-type: none"> Laju reaksi ($1/t$) bervariasi Untuk massa yang sama luas permukaan sentuh (reaksi pada serbuk lebih besar darai bongkahan) Peningkatan suhu meningkatkan energi aktivasi Peningkatan konsentrasi meningkatkan kerapatan partikel- 	<ol style="list-style-type: none"> mengamati fenomena & mendaftarkan informasi awal kebutuhan rumusan masalah & hipotesis merumuskan masalah investigasi merumuskan hipotesis & merancang pembuktiannya melakukan pengambilan data eksperimen mengolah dan 	Luas permukaan	Laju reaksi atau $1/t$	Konsentrasi, suhu, tanpa katalis	Perhitungan luas permukaan	
			Suhu		Konsentrasi reaktan tanpa katalis	Distribusi energi partikel Biltzman untuk variasi suhu	
			Konsentrasi		Suhu dan konsentrasi reaktan tanpa katalis	Kerapatan partikel	
			katalis		Konsentrasi reaktan dan suhu larutan	Kompleks teraktifasi yang tidak stabil	



melalui pembentukan kompleks teraktivai intermediat).	partikel reaktan • Katalis menurunkan energi aktivasi reaktan dengan membentuk kompleks teraktivasi	menganalisis data menuju pembuktian hipotesis 6) membuat simpulan 7) menemukan metakognitif					
---	--	---	--	--	--	--	--

C. Tugas Pembelajaran Materi Kluster LR-1:

a. **Tugas kelompok:** rangkuman kegiatan 5M ilmiah induktif (dikumpul bersamaan dengan isian LKPD sebagai tugas kelompok pasca-pembelajaran)

- 1) Isian kegiatan 5M dalam LKPD
- 2) Buat rangkuman dalam bentuk isian tabel hubungan jenis pengetahuan faktual, prosedural, konseptual, dan metakognitif yang terkait dari konstruksi konsepsi ilmiah (= pengetahuan konseptual sebab-akibat) serta konsistensi variabel-variabel pembuktian hipotesis disajikan dalam tabel berikut.

Hipotesis	Pengetahuan faktual	Prosedur ilmiah (p.prosedural)	Variabel bebas (VB)	Variabel terikat (VT)	Variabel kontrol (VK)	Pengetahuan prasyarat	Meta-kognitif

b. **Tugas Perorangan:** pemahaman dan pengayaan konsepsi ilmiah yang disasar
Identifikasi dan jawab soal-soal penguasaan konsep berikut

Tabel 1 efek luas permukaan CaCO_3 terhadap laju reaksi

Percobaan	Bentuk CaCO_3 1 gram	Konsentrasi HCl	Waktu (s)
1	Serbuk	2 M	....
2	Butiran	2 M	....
3	Kepingan	2 M	....

- 1) Berdasarkan **Tabel 2** manakah reaksi yang berlangsung paling cepat?
- 2) Mengapa faktor ukuran dari $\text{CaCO}_3(s)$ dapat mempengaruhi laju reaksi? Jelaskan!
- 3) Bagaimana luas bidang sentuh antara serbuk dan kepingan CaCO_3 ketika bereaksi dengan HCl ? jelaskan!

Tabel 2. Efek perubahan suhu $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ terhadap laju reaksi

Tabung Reaksi	Suhu $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ($^{\circ}\text{C}$)	Molaritas HCl 10 mL	Molaritas $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 20 mL	Waktu (s)
1	25	2 M	0,2 M	....
2	35	2 M	0,2 M	....



3	45	2 M	0,2 M	...
---	----	-----	-------	-----

- 4) Berdasarkan **Tabel 3** manakah reaksi yang berlangsung paling cepat?
- 5) Berdasarkan jawabanmu pada nomor 1, mengapa reaksi tersebut berlangsung lebih cepat?
- 6) Jika suhu natrium tiosulfat 35 °C diturunkan menjadi 14 °C maka laju reaksi akan berlangsung? Jelaskan mengapa demikian!

Perco-baan	Konsentrasi Awal Na ₂ S ₂ O ₃	Konsentrasi Awal HCl	Suhu awal	Luas permukaan	katalis
1	0,10 M	0,5 M	27°C	sama	Tanpa katalis
2	0,15 M	0,5 M	27°C	-	-
3	0,20 M	0,5 M	27°C	-	-
4	0,25 M	0,5 M	27°C	-	-
5	0,30 M	0,5 M	27°C	-	-

- 7) Lakukan analisis secara singkat faktor apa yang mempengaruhi laju reaksi berdasarkan tabel 3 lalu jelaskan !
- 8) Bagaimana pengaruh konsentrasi terhadap laju? Jelaskan berdasarkan teori tumbukan
- 9) Jika konsentrasi reaktan Na₂S₂O₃ pada poin 3 dinaikkan 2x maka laju reaksi akan semakin cepat. Jelaskan mengapa demikian!
- 10) Bagaimana peran katalis dalam mempercepat laju reaksi? Jelaskan!
- 11) Jelaskan hubungan energi pengaktifan dengan kehadiran katalis pada suatu reaksi?
- 12) Bagaimana cara kerja katalis heterogen dalam mempercepat suatu reaksi dan jelaskan perbedaannya dengan katalis homogen!

References :

- Chand, R., (2002). *Chemistry. Seventh Edition*, Boston: McGraw-Hill Companies, Inc.
- William L. M, Cecile N. H. & Edward J.N., (2009). *Chemistry: Principles and Reactions, Seventh Edition*. Brooks/Cole Cengage Learning. USA
- Brady, J.E., (1990). *General Chemistry: Principle and Structure*. New York: John Wiley & Son.
- Chang, r., (2004). *General Chemistry : The Essential Concepts, Third Edition*. The McGraw-Hill Companies.
- Silberberg, M.S. (2003). *Chemistry The Molecular nature of Matter and Change*. Third Edition. New York : McGraw-Hill Higher Education.
- Wijaya, D. 2019. *Smart Pocket Kimia SMA/MA Kelas X,XI,XII*. Cetakan Ke-1. Yogyakarta: Charissa Publisher.

Lampiran 07c

**UNIT 3: TAUTAN PRESENTASI VIDEO
EKSPERIMEN DALAM LKPD PBL ORDO
REAKSI, HUKUM LAJU REAKSI,
DAN TUMBUKAN EFEKTIF**

$$\text{H}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{HCl}(\text{g})$$

$$\text{NO} = \text{N-O} \quad \text{O}_3 = \text{O-O-O} \quad \text{NO}_2 = \text{N-O-O} \quad \text{O}_2 = \text{O-O}$$

NAMA :

KELAS :

NO. ABSEN :



Setiap unit pembelajaran secara umum menyajikan (a) lembar kerja peserta didik, (b) informasi materi rasional konsepsi ilmiah, dan (c) tugas kelompok dan perorangan.

A. Lembar Kerja Peserta Didik

1. Orientasi Siswa Terhadap Masalah

Tujuan pembelajaran sikap

- 1) Siswa menyadari dan mengakui adanya ordo reaksi, hukum laju, dan tumbukan efektif serta peranannya di alam.
- 2) Siswa menunjukkan rasa ingin tahu/ antusiasme dan disiplin dalam belajar melalui percobaan
- 3) Siswa menunjukkan perilaku objektif (jujur dan terbuka) melalui diskusi.
- 4) Siswa menunjukkan keuletan dan ketelitian dalam belajar melalui pengolahan dan analisis data.
- 5) Siswa berpikir kreatif dan inovatif dalam memecahkan masalah saat pembelajaran melalui pendekatan saintifik.
- 6) Siswa menunjukkan sikap bertanggungjawab melalui pelaksanaan kegiatan selama pembelajaran.
- 7) Siswa menunjukkan kerja sama dan toleransi melalui diskusi.
- 8) Siswa menunjukkan perilaku santun dan cinta damai selama pembelajaran.

Tujuan pengetahuan dan keterampilan

- 9) Siswa mampu merancang, melakukan dan menyimpulkan, serta menyajikan hasil percobaan/eksperimen ordo reaksi
- 10) Siswa mampu memahami dan menentukan hubungan kuantitatif konsentrasi setiap reaktan (ordo reaksi dari reaktan) terhadap laju reaksi
- 11) Siswa mampu membaca, membuat, menentukan serta mendiskripsikan grafik dari data hasil eksperimen dan mentransfer menjadi grafik garis lurus hingga membentuk kurva.
- 12) Siswa mampu menganalisis dan menjelaskan tentang hukum laju reaksi melalui pengamatan video data skunder dan sumber pustaka lainnya.
- 13) Siswa mampu menganalisis serta menjelaskan teori tumbukan
- 14) Siswa mampu menganalisis dan menyimpulkan reaksi kimia berdasarkan tumbukan efektif melalui pengamatan video sub mikroskopik (video skunder) dan sumber pustaka lainnya.

2. Mengorganisasikan Siswa untuk Belajar

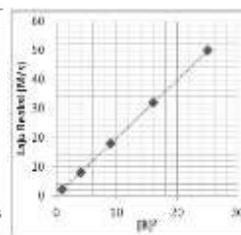
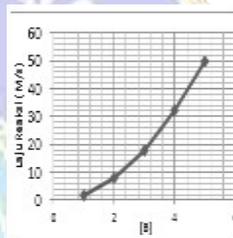
a. Teks Pengantar (Berisi Fenomena)

Pengaturan laju suatu reaksi sering dibutuhkan dalam kehidupan sehari-hari dan industri. Cara yang paling konsisten mempercepat laju reaksi dalam bentuk larutan umumnya dengan memekatkan (meningkatkan konsentrasi) larutan reaktan. Banyak laju reaksi kimia berbanding lurus dengan peningkatan suatu reaktan (seperti laju reaksi bertambah cepat dua kali jika konsentrasi salah satu reaktannya dibesarkan dua kali). Namun sering peningkatan laju reaksi tidak berbanding lurus dengan peningkatan konsentrasi suatu reaktan, sebagai contoh peningkatan laju reaksi 4 kali lebih besar jika konsentrasi zat reaktan B dibesarkan menjadi 2 kali dalam reaksi $A_{(g)} + B_{(g)} \rightarrow C_{(g)}$. Fenomena variasi pola hubungan kuantitatif pengaruh konsentrasi terhadap laju reaksi dalam bentuk ordo reaksi dan hukum laju reaksi semakin menarik dan menantang untuk diungkapkan.



<https://youtu.be/r4IZDPpN-bk>

Kurva hubungan variasi konsentrasi awal terhadap laju suatu reaksi didasarkan pada hasil eksperimen (sangat sering ordo reaksi tidak cocok dengan koefisien reaksi) dalam banyak contoh reaksi kimia. Kelengkungan atau kemiringan kurva laju reaksi terhadap variasi konsentrasi suatu reaktan dalam suatu reaksi sesungguhnya mengikuti ordo reaksi terhadap reaktan tersebut.



(a). Grafik garis melengkung (kurva)

(b). Grafik linier (garis lurus)

Gambar a1. Grafik laju reaksi ordo 2 terhadap reaktan B

Namun perbedaan kelengkungan kurva laju reaksi terhadap variasi konsentrasi reaktan tersebut sulit dikenali bagi pemula yang belajar ordo reaksi. Kesulitan demikian dapat diatasi dengan menggunakan metode grafik garis lurus. Terhadap kurva yang belum menunjukkan garis lurus tersebut terus dilakukan transformasi (modifikasi) besaran pada aksis x (konsentrasi) dari pangkat satu, kuadrat, pangkat tiga dan seterusnya hingga diperoleh grafik garis lurus.

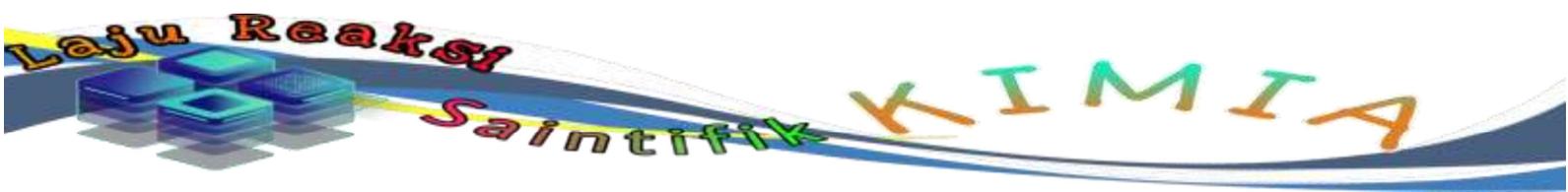
Percobaan sebelumnya telah menyimpulkan semakin besar konsentrasi reaktan maka laju reaksi semakin cepat. Harga suatu laju reaksi berbanding terbalik dengan waktu atau sebanding $1/t$ dari reaksi ($r \sim 1/t$). Pola hubungan matematik besar konsentrasi suatu reaktan dengan laju reaksi dikenal sebagai ordo reaksi terhadap reaktan tersebut. Ordo reaksi mengungkap pola matematika besar/kuat pengaruh konsentrasi suatu reaktan terhadap laju reaksi tersebut. Ordo reaksi suatu reaktan ditentukan secara eksperimen. Analisis data eksperimen dengan bantuan metode grafik garis lurus dapat mengungkap tingkat pengaruh konsentrasi (ordo reaksi) suatu reaktan (variabel bebas) terhadap laju reaksi (variabel terikat).

Suatu contoh, ordo reaksi antara larutan natrium tiosulfat ($Na_2S_2O_3$) dengan larutan

asam klorida (HCl) dapat diungkap melalui serangkaian percobaan pengukuran laju reaksi dari natrium tiosulfat dengan larutan asam klorida pada sejumlah variasi konsentrasi pada masing-masing reaktan secara bergantian. Reaksi antara HCl dan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ menghasilkan belerang (S) yang berwarna kuning. Produk belerang mulai dari molekul kemudian beragregasi membentuk koloid belerang dengan gejala ketika koloid mencapai **kadar tertentu** menunjukkan tanda silang yang dibuat di bawah wadah pas tidak terlihat lagi. Lama waktu mulai dari saat pencampuran hingga sampai tanda silang tidak terlihat lagi merupakan waktu terbentuknya belerang (produk) dengan kuantitas tertentu (konsentrasi produk tertentu atau kepekatannya sama) sebagai indikator laju relatif setiap variasi konsentrasi suatu reaktan. Laju reaksi setiap variasi sampel dari suatu reaktan ditentukan dari waktu yang diperlukan sampai tanda silang di bawah gelas kimia mulai tidak terlihat. Laju reaksi berbanding terbalik dengan waktu atau sebanding dengan $1/t$. Pada eksperimen tahap pertama konsentrasi $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ divariasikan dan direaksikan dengan HCl tetap (misalnya 2M), sedangkan pada tahap kedua konsentrasi HCl yang divariasikan dan direaksikan dengan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 2 M (tetap). Tentu saja akan lebih beruntung jika perubahan konsentrasi suatu reaktan atau produk dapat ditentukan lebih pasti besarnya (tidak terbatas pada laju relatifnya), namun harapan demikian memerlukan metode pengukuran yang umumnya tidak sederhana dan melibatkan metode analisis kuantitatif tertentu (umumnya kurang terjangkau oleh mayoritas siswa sekolah menengah dan mahasiswa tahun I yang memerlukan kuliah analisis kimia kuantitatif). Penyajian data rekaman video untuk data demikian hanya sebagai tambahan pengayaan untuk lebih mendapatkan gambaran nyata (*concreate*) terhadap data sekunder dalam modul.

Penggabungan secara kuantitatif ordo-ordo reaksi dari masing-masing reaktan secara keseluruhan terhadap laju suatu reaksi dikenal sebagai hukum laju reaksi. Hukum laju reaksi didapat dengan menggabungkan persamaan laju reaksi dengan ordo reaksi dari masing-masing reaktan dalam reaksi tersebut. Hukum laju reaksi melibatkan harga tetapan (k) laju reaksi yang satuannya bergantung pada hukum laju reaksi tersebut dan dapat ditentukan setelah mengetahui hukum laju reaksi serta mengetahui (mengukur) besar laju reaksi (molar/detik) pada konsentrasi reaktan yang diketahui dari reaksi tersebut. Banyak contoh hasil percobaan telah berhasil mengungkap hukum dan menentukan harga k laju reaksi dari berbagai reaksi (lihat berbagai buku sumber). Sebelum mengungkap ordo reaksi dan hukum laju reaksi, tentu perlu mengetahui semua reaktan yang terlibat dan indikator keterukuran secara kuantitatif laju dari suatu reaksi seperti saat konsentrasi produk belerang yang terbentuk tepat mulai menyebabkan warna tanda silang dibalik sistem campuran reaksi mulai tidak terlihat lagi.

Reaksi umumnya melibatkan tahap-tahap reaksi. Laju reaksi yang paling lambat, tentu akan menentukan laju reaksi keseluruhan. Jika tahap reaksi paling lambat sudah diketahui, maka kajian laju reaksi tersebut akan lebih mudah. Namun sayang kebanyakan tahap-tahap suatu reaksi belum diketahui. Hukum laju reaksi dari suatu reaksi dapat



membantu memperkirakan tahap lambat dari reaksi tersebut. Jika ordo reaksi suatu reaksi diketahui, sesuai dengan teori tumbukan ordo reaksi tersebut umumnya digunakan untuk memperkirakan tahap reaksi lambat penentu laju reaksi. Sebagai contoh hukum laju suatu reaksi berordo satu (total ordo reaksi adalah satu) mengindikasikan tahap reaksi paling lambat adalah peluruhan suatu spesi (seperti reaksi peluruhan radioaktif atau penguraian spesi kompleks intermediat). Produk tidak langsung terjadi dari tumbukan antar dua partikel reaktan, tahap reaksi paling lambat cenderung berupa suatu partikel spesi intermediat yang tidak stabil dan mengandung komponen produk yang mengurai sendiri menghasilkan produk). Jika suatu reaksi berordo dua dan masing-masing berordo satu terhadap misalnya reaktan A dan B, hal demikian cenderung mengindikasikan produk terbentuk langsung ketika tumbukan antar partikel reaktan A dan B terjadi.

Hasil eksperimen menunjukkan harga tetapan laju reaksi semakin tinggi jika suhu reaksi meningkat. Suhu reaksi berhubungan dengan persentase (porsi) jumlah partikel-partikel yang memiliki kecukupan energi minimum pengaktifan (energi aktivasi) untuk terjadi reaksi dari suatu reaksi yang bersangkutan. Peningkatan suhu mempercepat gerakan partikel (menambah energi kinetik partikel dan dapat meningkatkan persentase partikel yang memiliki kecukupan energi pengaktifan). Teori tumbukan menjelaskan reaksi kimia terjadi karena tumbukan antar partikel. Struktur partikel dari spesi-spesi reaktan yang bertumbukan dan struktur partikel spesi produk yang akan terjadi perlu diperhatikan untuk mengkaji tumbukan efektif dari reaksi bersangkutan.

b. Identifikasi masalah (mengamati atau M1)

Dari fenomena di atas dan pengalaman di sekitar serta sumber lain yang dibaca, informasi awal penting untuk diperhatikan dalam rangka menemukan /menginvestigasi konsepsi atau pengetahuan ilmiah tentang ordo reaksi, hukum laju reaksi kimia dari suatu reaksi kimia, dan teori tumbukan dalam laju reaksi sebagai berikut (diisi).

<ul style="list-style-type: none"> • Laju reaksi berbanding lurus dengan konsentrasi suatu reaktan berpangkat ordo reaksi (bilangan eksponen dari konsentrasi reaktan tersebut) pada konsentrasi reaktan-reaktan lain dari reaksi itu besarnya tetap . •..... 	<ul style="list-style-type: none"> • Hukum laju reaksi • 	<ul style="list-style-type: none"> • Teori tumbukan •
---	--	---

c. Batasan Masalah (menanya atau M2)

Dari identifikasi masalah yang telah ditemukan pilihlah masalah yang menjadi batasan masalah sesuai.

d. Rumusan Masalah (menanya)

Berupa pertanyaan klarifikasi informasi dan rumusan masalah investigasi sebagai berikut (diisi).

e) Pertanyaan Klasifikasi (faktual):

f) Rumusan masalah investigatif:

e. Membuat Hipotesis (mengumpulkan data atau M3)

Jawaban terhadap rumusan masalah investigasi diperoleh melalui beberapa langkah.

Rumusan hipotesis dari rumusan masalah investigasi terdiri dari (terutama dalam bentuk kalimat pasif sebab-akibat):

3. Membimbing Penyelidikan Individu Maupun kelas

a. Rancangan Percobaan (mengumpulkan data)

Untuk menguji hipotesis yang Anda rumuskan, rancanglah percobaan pembuktian setiap hipotesis dengan menentukan variabel percobaan, rancangan/desain percobaan setiap hipotesis, alat dan bahan, prosedur kerja, dan format pencatatan data!

1). Variabel Percobaan

Variabel bebas, terikat, dan kontrol dari setiap hipotesis di atas disajikan dalam tabel contoh berikut (diisi dan bentuk tabel bisa diubah sesuai kepentingan). Jumlah baris bisa ditambah jika ada suatu hipotesis yang berupa variabel bebas ganda dan / atau variabel terikat ganda.



Hipotesis	V.bebas	V.terikat	V.kontrol

2). Rancangan pembuktian hipotesis

Rancangan pembuktian hipotesis berupa pemberian variasi nilai (sampel variabel bebas), perkiraan variasi nilai variabel terikat (variasi efek dari akibat variasi perlakuan atau sampel variabel bebas), variabel lain yang mungkin berpengaruh dan dibuat sama agar tidak berpengaruh (sebagai variabel kontrol). Rancangan pembuktian untuk semua hipotesis di atas disajikan dalam tabel berikut. Masingmasing kolom variabel bebas maupun variabel terikat masih bisa dipecah menjadi beberapa kolom masing-masing jika hipotesis berupa variabel jamak (lebih dari satu variabel) sesuai dengan bunyi hipotesis. Jumlah kolom suatu hipotesis dalam setiap variabel dapat disesuaikan sesuai dengan yang teridentifikasi.

No. Hp.	Variasi nilai V.bebas (sampel perlakuan)			Variasi nilai V.terikat (variasi efek perlakuan) yang diamati			V.kontrol
1							
2							
3							

3). Alat dan bahan yang diperlukan untuk mengumpulkan data setiap hipotesis disajikan dalam tabel berikut.

No. Hp.	Bahan		Alat	
	Nama	Sesifikasi & kuantitas	Nama	Spesifikasi & jumlah
1				

2				
3				

4) Cara kerja pengumpulan data

Cara kerja mendapatkan data untuk pembuktian hipotesis (kalimat tidak berupa kalimat perintah – gunakan kalimat persuasif pasif).

i) Hipotesis 1 ordo reaksi

-
-
-
-
-
- waktu yang diperlukan untuk menghasilkan sejumlah produk (belerang terbentuk) yang sama (tanda silang mulai tidak terlihat) dicatat.
-
-
-



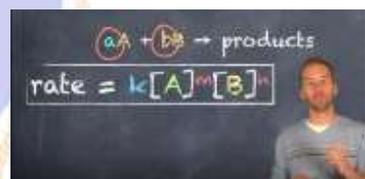
Versi panjang
<https://youtu.be/5EwbhAq77vo>
 Pendek
<https://youtu.be/7oXZ8oN57ZM>



<https://youtu.be/RpvXX>

ii). Hipotesis 2 Laju reaksi ($r = v \sim 1/t$). Jika grafik jika t vs $1/[]$, maka $1/t$ vs $[]$

-
-
-
-
-



<https://youtu.be/yT4zIpDGeYg>

iii). Hipotesis 3 tumbukan efektif

-
-
-
-
-
-
-



<https://youtu.be/YacsIU97Ofc>



5) **Tabel pencatatan data** (boleh sama dengan tabel rancangan pembuktian hipotesis, bisa disederhanakan atau ditambah/dikembangkan jika dianggap perlu)

Pelaksanaan pengumpulan data dan mencatat data yang diperoleh dalam tabel pencatatan data yang telah dirancang (data primer dan/atau sekunder).

Catatan, karena rancangan kegiatan ini memprioritaskan penggunaan data primer. Namun jika pengambilan data primer tidak dimungkinkan dan/atau ketersediaan alokasi waktu tatap muka sangat terbatas, penggunaan data eksperimen tidak langsung (*secondary*) dimungkinkan (studi dokumen). Langkah penentuan alat dan bahan, cara kerja, dan pelaksanaan pengumpulan data sekunder dalam M3 bisa diprediksi seperti dengan cara kerja jika Anda mengambil data tersebut langsung (nanti disempurnakan disesuaikan dengan yang digunakan penulisnya ketika pelaksanaan pengumpulan data). Tabel data pembuktian hipotesis bisa diisi langsung dengan data yang diperoleh dari sumber pustaka atau hasil kerja orang lain, namun kutipan terhadap sumber harus dituliskan.

Contoh data hasil eksperimen pengaruh konsentrasi terhadap laju reaksi (sebanding dengan harga $1/t$ untuk menghasilkan molaritas produk yang sama) sebagai berikut.

Hip. (no.)	Variabel Kontrol	Perlakuan (Variabel Bebas)	Besaran/Gejala yang Diamati
1	[HCl] tetap 5 ml 0.75 M dalam total 50 mL campuran (=0.075 M)	45 mL 0,15 M Na ₂ S ₂ O ₃ + 0 mL aquades (dalam 50 mL campuran reaksi)	1/t=.....
		35 mL 0,15 M Na ₂ S ₂ O ₃ + 10 mL aquades	1/t=.....
		25 mL 0,15 M Na ₂ S ₂ O ₃ + 20 mL aquades	1/t=.....
		15 mL 0,15 M Na ₂ S ₂ O ₃ + 30 mL aquades	1/t=.....
		5 mL 0,15 M Na ₂ S ₂ O ₃ + 40 mL aquades	1/t=.....
	Na ₂ S ₂ O ₃] tetap 5 mL 0.75 M dalam total 50 ml campuran (=0.075 M)	45 ml 0.15 M HCl + 0 ml aquades (dalam 50 mL campuran reaksi)	1/t=.....
		35 ml 0.15 M HCl + 10 ml aquades	1/t=.....
		25 ml 0.15 M HCl + 20 ml aquades	1/t=.....
		15 ml 0.15 M HCl + 30 ml aquades	1/t=.....
		5 ml 0.15 M HCl + 40 ml aquades	1/t=.....
2			
3			

4. Mengembangkan dan Menyajikan Hasil Karya (Kegiatan mengasosiasi M4)

Mengasosiasi meliputi pengolahan, analisis data, dan membuat kesimpulan yang disertai konfirmasi penerimaan/penolakan hipotesis.

a. Pengolahan dan analisis data

Hipotesis 1

-

-
 -
 Interpretasi:

Hipotesis 2

-
 -
 -
 Interpretasi:

Hipotesis 3

-
 -
 -
 Interpretasi:

b. Pembahasan (usahakan satu paragraf untuk satu hipotesis)

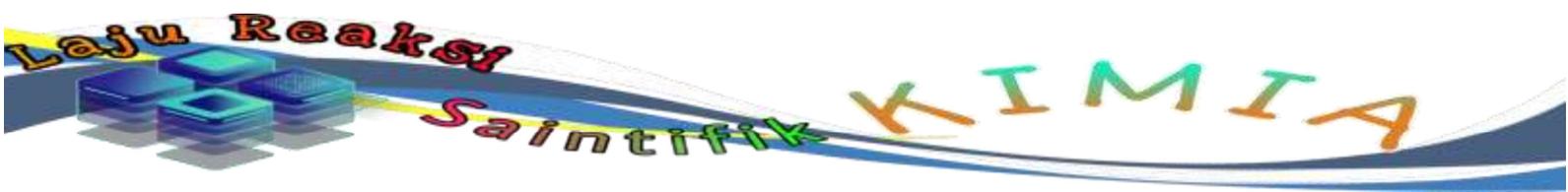
.....

c. Simpulan:

- 4)
 (hipotesis 1 diterima/ditolak).
- 5)
 (hipotesis 2 diterima/ditolak).
- 6)
 (hipotesis 3 diterima/ditolak).

5. Menganalisis dan Mengevaluasi Proses Pemecahan Masalah (Mengkomunikasi M5)

kami menyajikan hasil kegiatan belajar dengan pendekatan ilmiah dalam forum (misalnya: diskusi/ presentasi/majalah/seminar ini – pilih sesuai dengan yang akan dilakukan) dalam bentuk.....sebagai berikut



B. Informasi materi konsepsi tentang ordo reaksi, hukum laju reaksi, dan tumbukan efektif

Fenomena

Paragraf fenomena dan informasi pengetahuan awal prasyarat di atas cukup memberikan beberapa kelompok informasi awal terkait. Pengetahuan prasyarat minimal telah menguasai ciri yang dapat diamati (aspek makroskopis) suatu reaksi terjadi (boleh pengurangan reaktan atau munculnya/penambahan produk), banyaknya suatu zat dalam larutan sebanding dengan molaritas larutan zat itu, harga laju reaksi sebanding dengan $1/t$ ($= k \cdot n \times 1/t$), membaca dan membuat grafik dari data hasil eksperimen dan mentransfer menjadi grafik garis lurus jika kurva hubungan konsentrasi langsung dengan t tidak berupa garis lurus. Informasi baru awal kelompok (1) berupa makin besar konsentrasi reaktan laju reaksi semakin cepat, grafik garis lurus konsentrasi suatu reaktan (atau modifikasinya) terhadap waktu menentukan ordo reaksi terhadap reaktan tersebut dengan melibatkan harga k (tetapan reaksi) untuk reaktan tersebut. Informasi baru awal kelompok (2) hukum laju reaksi dari suatu reaksi kimia melibatkan penggabungan ordo terhadap setiap reaktan yang dilibatkan dalam reaksi tersebut yang melibatkan besaran tetapan k (k gabungan), total ordo terhadap semua (keseluruhan) spesi reaktan dari suatu reaksi merupakan ordo reaksi total untuk reaksi tersebut, harga tetapan laju reaksi ($k=k_1 \times k_2$) gabungan dari harga k dari persamaan laju reaksi untuk setiap reaktan, besar satu laju reaksi terukur untuk hukum laju reaksi tersebut. (3) kelompok informasi awal meliputi tumbukan efektif, energi pengaktifan, dan struktur molekul (orientasi tumbukan).

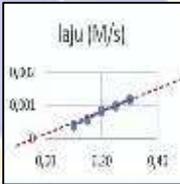
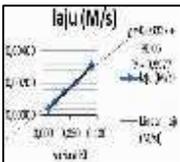
Dari informasi awal yang didapat dimungkinkan untuk melahirkan sekitar 3 buah rumusan masalah investigasi sebagai berikut. (1) bagaimana hubungan kuantitatif konsentrasi setiap reaktan (ordo reaksi dari reaktan) terhadap laju reaksi dalam reaksi bersangkutan? (2) Bagaimana hubungan ordo reaksi reaktan dengan hukum laju reaksi? (3) Bagaimana kriteria/syarat tumbukan efektif.

Agar pengumpulan data untuk konstruksi konsepsi ilmiah sebagai jawaban rumusan masalah di atas, maka perlu diawali dengan rumusan hipotesis dalam bentuk pengetahuan konseptual sebab akibat menggunakan kalimat pasif yang sesuai dengan munculnya informasi dalam fenomena yang berupa contoh-contoh konsep dalam topik laju reaksi. Rumusan hipotesis yang sesuai dengan rumusan masalah sebagai berikut. (1) Laju reaksi berbanding lurus dengan konsentrasi suatu reaktan berpangkat ordo reaksi (bilangan pangkat dari konsentrasi reaktan tersebut) pada konsentrasi reaktan-reaktan lain dari reaksi itu besarnya tetap. (2) Laju reaksi berbanding lurus dengan perkalian konsentrasi semua reaktan berpangkat ordo reaksi reaktan masing-masing dari reaksi tersebut (ordo reaksi terhadap masing-masing reaktan dicari seperti hipotesis nomor 1), sehingga $r = k [O_2]^x [NO]^y$. (3) Reaksi terjadi dari tumbukan antar partikel-partikel zat-zat reaktan yang memiliki orientasi (posisi) tumbukan tepat dan energi pengaktifan (kecepatan/energi partikel-partikel reaktan-reaktan) $> E_a$.

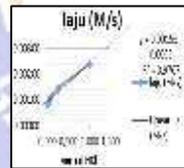
Selanjutnya pengumpulan data melibatkan penentuan variabel bebas (VB = aspek sebab) dan variasi nilainya, variabel terikat (VT = aspek akibat) dan variasi nilainya, dan variabel kontrol (VK = aspek lain yang dikendalikan seperti disamakan agar tidak ikut mempengaruhi

akibat) untuk setiap rumusan hipotesis. Masing-masing VB dan VT, serta variabel kontrol untuk setiap rumusan hipotesis dari sejumlah alternatif rumusan hipotesis yang dirujuk di atas disajikan sekaligus nanti pada kegiatan mengolah data (M4).

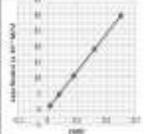
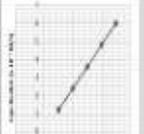
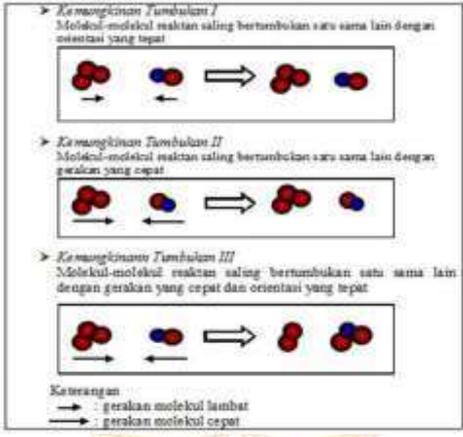
Desain/rancangan percobaan/eksperimen terhadap ketiga hipotesis sesuai dengan VB, VT, dan VK dengan memberi variasi nilai VB dan mengamati variasi nilai VT perlu disajikan dalam bentuk tabel rancangan pembuktian hipotesis (Tabel LR-3b1). Tabel ini akan mengarahkan kepada tabel pencatatan data pada akhir kegiatan M3 dan tabel pengolahan untuk analisis data (fase mengasosiasi M4). Dengan demikian, nanti tabel pengolahan data dalam M4 dikembangkan dari tabel rancangan pembuktian hipotesis dan tabel pencatatan data tersebut. Dalam membuat ketiga tabel ini harus saling mempertimbangkan (saling kontrol) kesesuaiannya. Sajian aspek-aspek rancangan pembuktian hipotesis untuk variasi nilai VB dan konsekuensi variasi VT dengan keterbatasan variabel kontrol merupakan aspek utama dalam tabel rancangan pembuktian hipotesis seperti yang telah disajikan dalam LKM bagian awal fase M3.

Hipotesis 1	VB				VT	VK
	Reaksi kimia	[reaktan 1]	[Reaktan 2]	[reaktan 3]	Kurva 1/t terhadap [reaktan] ^x	
1	Laju reaksi berbanding lurus dengan konsentrasi suatu reaktan berpangkat ordo reaksi (bilangan eksponen dari konsentrasi reaktan tersebut) pada konsentrasi reaktan-reaktan lain dari reaksi itu besarnya tetap • I: $\text{H}_2\text{O}_2(\text{l}) + 2\text{KI}(\text{aq}) + 2\text{HCl}(\text{aq}) \rightarrow \text{I}_2(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}_2(\text{l}) + \text{KCl}(\text{aq})$ • II: $\text{I}_2 + 0,05 \text{ mmol Na}_2\text{SO}_3(\text{aq}) \rightarrow \text{KI} + \text{S}_4\text{O}_6^{2-} + \text{I}_2$ sisa + amilum (biru) Jadi 0,5, mmol $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3(\text{aq}) \sim 0,25$ mmol I_2 maka LR pembentukan I_2 dari reaksi H_2O_2 dan $\text{KI} = (0,25 \text{ mmol}/30$	10 mL 0,30 M H_2O_2 dengan total volume campuran reaksi 30 mL = 0,10 M	10 mL 0,30 M KI dengan total volume campuran reaksi 30 mL = 0,10 M	5 mL 1 M HCl dengan total volume campuran reaksi 30 mL = 0,10 M		• Volum total larutan sama • Pada keadaan standar
		10 mL 0,25 M H_2O_2 dengan total volume campuran reaksi 30 mL = 0,0833 M	10 mL 0,25 M KI dengan total volume campuran reaksi 30 mL = 0,0833 M	5 mL 0,5 M HCl dengan total volume campuran reaksi 30 mL = 0,10 M		

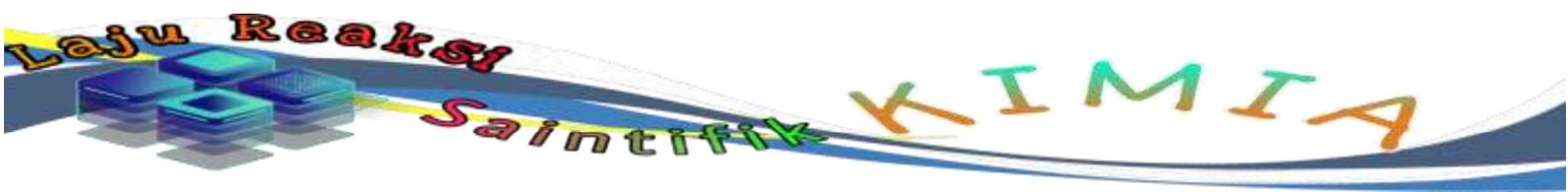
		ml) / t	10 mL 0,2 M H ₂ O ₂ dengan total volume campuran reaksi 30 mL = 0,0667 M	10 mL 0,2 M KI dengan total volume campuran reaksi 30 mL = 0,0667 M	5 mL 0,2 M HCl dengan total volume campuran reaksi 30 mL = 0,10 M			
			10 mL 0,15 M H ₂ O ₂ dengan total volume campuran reaksi 30 mL = 0,05 M	10 mL 0,15 M KI dengan total volume campuran reaksi 30 mL = 0,05 M	5 mL 0,1 M HCl dengan total volume campuran reaksi 30 mL = 0,10 M			
			10 mL 0,1 M H ₂ O ₂ dengan total volume campuran reaksi 30 mL = 0,333 M	10 mL 0,1 M KI dengan total volume campuran reaksi 30 mL = 0,333 M				
		VB			VT			
	Hipotesis 2 (contoh dengan data sekunder)	Reaksi kimia	[NO]	[O ₂]	Ordo reaksi terhadap [O ₂] ^x dan [NO] ^y dan LR	Laju reaksi	k = ..	VK
2	Laju reaksi berbanding lurus dg perkalian konsentrasi semua reaktan berpangkat ordo reasi reaktan masing-masing dari reaksi	NO _(g) + O _{2(g)} → NO _{2(g)}	0,10 M 0,20 M 0,30 M 0,40 M 0,50 M	0,10 M 0,10 M 0,10 M 0,10 M 0,10 M		1,20 x 10 ⁻³ 4,80 x 10 ⁻³ 10,80 x 10 ⁻³ 19,20 x 10 ⁻³ 30,00 x 10 ⁻³	1.2 1.2 1.2 1.2 1.2	<ul style="list-style-type: none"> Volume total larutan sama 25 °C Tekanan 1 atm standar



Laju Reaksi KIMIA Sainifik

	tersebut (ordo reaksi terhadap masing-masing reaktan dicari seperti hipotesis nomor 5), sehingga $r = k [O_2]^x [NO]^y$	0,20 M	0,20 M	 Ordo 2 thd NO  Ordo 2 thd O ₂ $r = k[NO]^2 [O_2]$	$9,60 \times 10^{-3}$	1.2		
		0,20 M	0,30 M		$14,40 \times 10^{-3}$	1.2		
		0,20 M	0,40 M		$19,20 \times 10^{-3}$	1.2		
		0,20 M	0,50 M		$24,00 \times 10^{-3}$	1.2		
3	Hipotesis 3	VB					VT	
		Reaksi Kimia	Tumbukan				(Reaksi terjadi/tidak terjadi)	
			Posisi (orientasi)	Suhu atau ($>E_a / <E_a$)				
Reaksi terjadi dari tumbukan antar partikel-partikel zat-zat reaktan yang memiliki orientasi (posisi) tumbukan tepat dan energi aktivasi (kecepatan/energi partikel-partikel reaktan) $> E_a$.	$NO_{(g)} + O_3_{(g)} \rightarrow NO_2_{(g)}$	 <p>Keterangan:  gerakan molekul lambat  gerakan molekul cepat</p>			$<E_a$	tidak		
				$>E_a$	tidak			
				$>E_a$	terjadi			

Rancangan pembuktian pengaruh konsentrasi terhadap laju reaksi yang sengaja dirancang secara teliti pada unit LR-2 untuk dapat juga digunakan untuk merumuskan ordo dan hukum laju reaksi (hipotesis no. 1 dan 2 unit ini). Pembuktian hipotesis 3 juga menggunakan data primer dari eksperimen hipotesis 2 atau data sekunder berupa gambar yang dapat diperoleh pada sumber *online*, sehingga tidak perlu alat dan bahan laboratorium. Data yang dikumpulkan berupa tabel data semua laju reaksi dari suatu reaksi dengan variasi konsentrasi (minimal 5 sampel) untuk setiap reaktan pada konsentrasi reaktan lain yang tetap dan tidak ada faktor lain



yang berpengaruh selain konsentrasi reaktan yang sedang diungkap ordo laju reaksinya. Tabel data hasil eksperimen untuk semua reaktan dari suatu reaksi sudah cukup untuk membuktikan hipotesis 1, 2, dan 3.

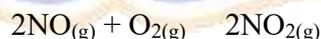
Format (tabel) pencatatan data hasil pengumpulan data untuk pembuktian hipotesis mungkin bisa tidak serumit tabel rancangan percobaan atau tabel pengolahan analisis data. Tabel pencatatan data bertujuan untuk mencatat data kebutuhan minimal agar semua data aspek-aspek yang diperlukan dalam tabel pengolahan data terpenuhi. Untuk efisiensi penyajian, data hasil eksperimen dan pengolahannya disajikan sebagai berikut. Hasil pengumpulan data eksperimen hipotesis (1-3)

Orde dan hukum laju reaksi

Pada kajian sebelumnya kita telah membahas mengenai hubungan atau pengaruh konsentrasi terhadap laju reaksi, yaitu semakin besar konsentrasi reaktan maka laju reaksi semakin cepat. Hubungan antara peningkatan konsentrasi suatu reaktan terhadap kenaikan laju reaksi yang telah kita dapatkan tersebut, ada yang linier (berupa garis lurus) dan ada juga yang berupa kurva (garis lengkung). Bagaimana variasi hubungan kuantitatif antara peningkatan konsentrasi terhadap kenaikan laju reaksi tersebut (variasi jenis grafik) dapat terjadi?

Hubungan kuantitatif antara konsentrasi suatu reaktan dengan laju reaksi dapat kita temukan dengan mengubah atau memvariasikan konsentrasi suatu reaktan, sedangkan konsentrasi reaktan lawannya dalam reaksi tersebut dibuat tetap. Apakah laju dari suatu reaksi hanya ditentukan oleh salah satu reaktan saja? Pertanyaan ini dapat dijawab dengan menentukan hubungan peningkatan konsentrasi reaktan lain (dalam reaksi tersebut) terhadap laju reaksi dengan menggunakan cara yang sama, yakni dengan memvariasikan konsentrasi reaktan tersebut, sedangkan konsentrasi reaktan lawannya dalam reaksi tersebut dibuat tetap.

Suatu percobaan dilakukan dengan mereaksikan gas NO dengan gas O₂ pada konsentrasi yang berbeda-beda (bervariasi). Pada tahap pertama konsentrasi gas NO divariasikan dan direaksikan dengan gas O₂ 0,1 M (tetap), sedangkan pada tahap kedua konsentrasi gas O₂ yang divariasikan dan direaksikan dengan gas NO 0,2 M (tetap). Reaksi antara gas NO dan gas O₂ menghasilkan gas NO₂ dengan persamaan reaksi:



Laju reaksi tersebut ditentukan dengan mencatat waktu yang diperlukan saat sejumlah molar zat produk terbentuk. Melalui percobaan, hubungan matematis (kuantitatif) konsentrasi reaktan gas NO dan gas O₂ masing-masing terhadap laju reaksi dapat diperoleh terutama dalam bentuk ordo reaksi terhadap masing-masing reaktan, dan juga ordo reaksi keseluruhan, serta hukum (persamaan laju reaksi keseluruhan) dari reaksi tersebut. Berikut ini disajikan data waktu terbentuknya gas NO₂ pada masing-masing variasi konsentrasi reaktan. Seperti telah diketahui, laju reaksi berbanding terbalik dengan waktu yang dibutuhkan untuk menghasilkan sejumlah produk atau suatu reaktan berkurang. Laju pembentukan produk NO₂ terhadap variasi

konsentrasi masing-masing reaktan disajikan dalam Tabel LR-3b2.

Tabel LR-3b2. Laju Reaksi terbentuknya gas NO₂ pada Berbagai Variasi Konsentrasi gas NO dan gas O₂

No	[NO]	[O ₂]	Laju Reaksi (M/s)
1	0,10 M	0,10 M	1,20 x 10 ⁻³
2	0,20 M	0,10 M	4,80 x 10 ⁻³
3	0,30 M	0,10 M	10,80 x 10 ⁻³
4	0,40 M	0,10 M	19,20 x 10 ⁻³
5	0,50 M	0,10 M	30,00 x 10 ⁻³
6	0,20 M	0,20 M	9,60 x 10 ⁻³
7	0,20 M	0,30 M	14,40 x 10 ⁻³
8	0,20 M	0,40 M	19,20 x 10 ⁻³
9	0,20 M	0,50 M	24,00 x 10 ⁻³

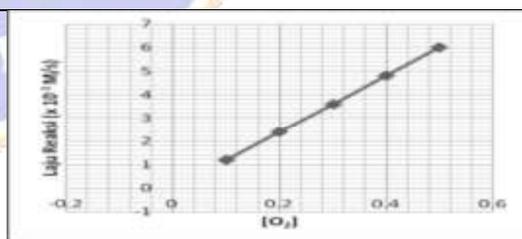
Penentuan orde reaksi melalui metode grafik

Hubungan peningkatan konsentrasi reaktan O₂ terhadap laju reaksi tersebut dapat ditampilkan ke dalam bentuk grafik (fungsi) garis lurus/linier sehingga dapat menghasilkan persamaan sederhana (persamaan linier atau berpangkat satu). Jika data menghasilkan grafik konsentrasi produk/reaktan terhadap waktu tidak berupa garis lurus, ordinat dan aksis fungsi tersebut diubah (ditransformasikan) ke dalam bentuk tertentu sehingga diperoleh grafik garis lurus. Ordo reaksi tergantung dari bentuk ordinat dan aksi persamaan linier yang dibentuk. Dengan cara demikian, ordo reaksi terhadap setiap reaktan dan akhirnya secara keseluruhan dapat diketahui/ditentukan. Pembuatan grafik diawali dengan pembuatan tabel bantu hubungan peningkatan konsentrasi reaktan O₂ terhadap laju reaksi pada konsentrasi NO tetap (Tabel LR-3b3.).

Grafik hubungan peningkatan konsentrasi reaktan O₂ terhadap laju reaksi pada konsentrasi NO tetap dapat ditentukan dengan memasukkan konsentrasi reaktan O₂ dan besarnya laju reaksi pada Tabel LR-3b3 ke dalam grafik, sehingga didapatkan grafik (Gambar b1).

Tabel LR-3b3. Hubungan Konsentrasi O₂ terhadap Laju Reaksi pada Konsentrasi NO Tetap

No	[NO]	[O ₂]	Laju Reaksi (M/s)
2	0,20 M	0,10 M	4,80 x 10 ⁻³
6	0,20 M	0,20 M	9,60 x 10 ⁻³
7	0,20 M	0,30 M	14,40 x 10 ⁻³
8	0,20 M	0,40 M	19,20 x 10 ⁻³
9	0,20 M	0,50 M	24,00 x 10 ⁻³



Gambar b1. Grafik linier laju Terhadap konsentrasi O₂

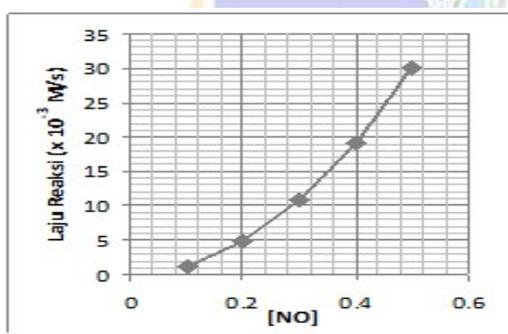
Grafik konsentrasi O₂ terhadap laju reaksi di atas menunjukkan garis lurus (linier), yakni $r = k [O_2]$. Hubungan yang demikian dikenal sebagai reaksi orde satu terhadap reaktan O₂ pada konsentrasi NO tetap dalam reaksi tersebut. Orde reaksi berupa pangkat dari konsentrasi zat-zat reaktan penentu laju reaksi dalam persamaan tersebut.

Hubungan peningkatan konsentrasi reaktan NO terhadap laju reaksi tersebut juga dapat ditampilkan ke dalam bentuk grafik. Untuk mempermudah pembuatan grafik, diawali dengan pembuatan tabel bantu hubungan peningkatan konsentrasi reaktan NO terhadap laju reaksi pada konsentrasi O₂ tetap seperti dam Tabel LR-3b4.

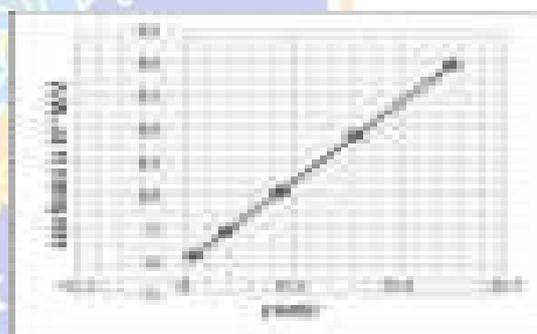
Tabel LR-3b4. Hubungan Peningkatan Konsentrasi NO terhadap Laju Reaksi pada Konsentrasi O₂ Tetap

No	[NO]	[NO] ²	[O ₂]	Laju Reaksi (M/s)
1	0,10 M	0,01 M	0,10 M	0,012
2	0,20 M	0,04 M	0,10 M	0,048
3	0,30 M	0,09 M	0,10 M	0,108
4	0,40 M	0,16 M	0,10 M	0,192
5	0,50 M	0,25 M	0,10 M	0,30

Grafik hubungan konsentrasi reaktan NO terhadap laju reaksi pada konsentrasi O₂ tetap dapat ditentukan dengan memasukkan [NO] dan besarnya laju reaksi pada Tabel LR-3b4 ke dalam grafik dan diperoleh grafik Gambar b2a. Oleh karena grafik masih melengkung dan untuk memperoleh grafik/fungsi garis lurus, maka data konsentrasi (aksis x) ditransformasikan menjadi bentuk [NO]² atau yang lain sehingga diperoleh grafik garis lurus (Gambar b2b), sehingga didapatkan 2 bentuk grafik tersebut.



(a). Grafik garis melengkung (kurva)

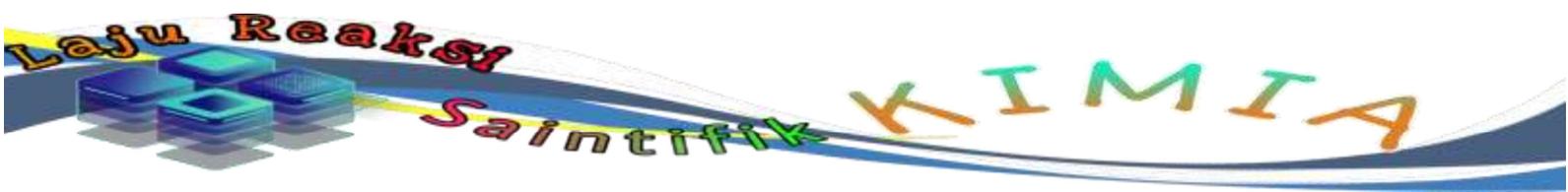


(b). Grafik linier (garis lurus)

Gambar b2. Grafik laju reaksi terhadap konsentrasi reaktan NO pada konsentrasi O₂ tetap

Dari grafik konsentrasi NO terhadap laju reaksi di atas diperoleh hubungan kuadratik. Hubungan yang demikian dikenal sebagai reaksi orde dua terhadap reaktan NO pada konsentrasi O₂ tetap dalam reaksi tersebut. Dari metode grafik (Gambar b2) di atas, didapatkan hubungan peningkatan konsentrasi NO terhadap laju reaksi (M/s) berupa grafik berbentuk kurva (garis lengkung) terhadap [NO] pada Gambar b2a dan grafik berbentuk linier (garis lurus) terhadap [NO]² pada Gambar b2b dengan persamaan

$$r = k [\text{NO}]^2$$



Grafik melengkung (kurva) laju reaksi terhadap [NO] belum menunjukkan ordo reaksi terhadap NO, sedangkan grafik linier menunjukkan laju reaksi linier terhadap $[\text{NO}]^2$. Dengan demikian reaksi tersebut berordo dua (kuadratik) terhadap konsentrasi NO.

Penentuan ordo reaksi melalui metode komparasi

Orde reaksi dapat juga diperkirakan dengan menggunakan metode komparasi. Hubungan peningkatan konsentrasi reaktan O_2 terhadap laju reaksi tersebut dapat dilihat dari orde reaksi terhadap reaktan O_2 . Orde reaksi terhadap O_2 dapat ditentukan dengan membandingkan 2 data percobaan yang memiliki konsentrasi NO tetap (sama). Dari data percobaan pada Tabel LR-3b2 dipilih data nomor 2 dan 7. Orde reaksi terhadap NO dimisalkan sebagai x, sedangkan orde reaksi terhadap O_2 dimisalkan sebagai y. Perhitungannya sebagai berikut. Metode ini umumnya cenderung rekayasa untuk penyederhanaan penyelesaian soal.

$$\frac{r_1}{r_2} = \left(\frac{[\text{NO}]_7}{[\text{NO}]_2} \right)^x \left(\frac{[\text{O}_2]_7}{[\text{O}_2]_2} \right)^y$$
$$\frac{14,40 \times 10^{-3} \frac{\text{M}}{\text{s}}}{4,80 \times 10^{-3} \frac{\text{M}}{\text{s}}} = \left(\frac{0,20 \text{ M}}{0,20 \text{ M}} \right)^x \left(\frac{0,30 \text{ M}}{0,10 \text{ M}} \right)^y$$
$$\frac{14,40 \times 10^{-3} \frac{\text{M}}{\text{s}}}{4,80 \times 10^{-3} \frac{\text{M}}{\text{s}}} = (1)^x \left(\frac{0,30 \text{ M}}{0,10 \text{ M}} \right)^y$$
$$(3)^y = \frac{14,40 \times 10^{-3} \frac{\text{M}}{\text{s}}}{4,80 \times 10^{-3} \frac{\text{M}}{\text{s}}}$$
$$(3)^y = 3$$
$$y = 1$$

Jadi reaksi tersebut merupakan reaksi berordo 1 terhadap O_2 .

Dari metode komparasi (perbandingan) maupun metode grafik (Gambar b1) di atas, didapatkan hasil yang sama bahwa orde reaksi terhadap O_2 pada konsentrasi NO tetap adalah sebesar satu. Kedua metode itu menunjukkan bahwa reaksi berordo satu terhadap konsentrasi O_2 .

Hubungan peningkatan konsentrasi reaktan NO terhadap laju reaksi tersebut dapat dilihat dari orde reaksi terhadap NO. Orde reaksi terhadap NO dapat ditentukan dengan membandingkan 2 data percobaan yang memiliki konsentrasi O_2 tetap (sama). Dari data percobaan pada Tabel LR-3b2 dipilih data nomor 1 dan 2. Orde reaksi terhadap NO dimisalkan sebagai x, sedangkan orde reaksi terhadap O_2 dimisalkan sebagai y. Perhitungannya sebagai berikut.

$$\frac{r_2}{r_1} = \left(\frac{[\text{NO}]_2}{[\text{NO}]_1}\right)^x \left(\frac{[\text{O}_2]_2}{[\text{O}_2]_1}\right)^y$$

$$\frac{4,80 \times 10^{-3} \frac{\text{M}}{\text{s}}}{1,20 \times 10^{-3} \frac{\text{M}}{\text{s}}} = \left(\frac{0,20 \text{ M}}{0,10 \text{ M}}\right)^x \left(\frac{0,10 \text{ M}}{0,10 \text{ M}}\right)^y$$

$$\frac{4,80 \times 10^{-3} \frac{\text{M}}{\text{s}}}{1,20 \times 10^{-3} \frac{\text{M}}{\text{s}}} = \left(\frac{0,20 \text{ M}}{0,10 \text{ M}}\right)^x (1)^y$$

$$(2)^x = \frac{4,80 \times 10^{-3} \frac{\text{M}}{\text{s}}}{1,20 \times 10^{-3} \frac{\text{M}}{\text{s}}}$$

$$(2)^x = 4$$

$$x = 2$$

Jadi reaksi tersebut merupakan reaksi berorde 2 terhadap NO.

Dari metode komparasi (perbandingan) maupun metode grafik (Gambar b2) didapatkan hasil yang sama yakni orde reaksi terhadap NO pada konsentrasi O₂ tetap adalah sebesar dua. Kedua metode tersebut menunjukkan bahwa reaksi orde 2 (terhadap konsentrasi NO) atau memiliki grafik laju reaksi linier terhadap **kuadrat** konsentrasi NO atau ~ (NO²).

Perumusan/Hukum Laju Reaksi

Setelah orde reaksi terhadap masing-masing reaktan yang terlibat (NO dan O₂) diperoleh, maka hubungan kuantitatif konsentrasi semua reaktan terhadap laju reaksi tersebut dapat ditentukan dengan menggabungkan hubungan orde reaksi terhadap masing-masing reaktan sehingga diperoleh persamaan reaksi keseluruhan sebagai berikut.

$$r = k [\text{O}_2]^1 [\text{NO}]^2$$

Persamaan di atas menyatakan hubungan kuantitatif laju reaksi terhadap konsentrasi masing-masing reaktan penentu laju reaksi yang dikenal sebagai persamaan atau hukum laju reaksi. Adapun orde total terhadap reaksi tersebut dapat ditentukan sebagai berikut.

$$\text{orde reaksi total} = 1 + 2$$

$$\text{orde reaksi total} = 3$$

Besarnya harga k dapat ditentukan dengan memasukkan data salah satu percobaan di atas ke dalam persamaan laju reaksi yang telah diperoleh sebagai berikut.

$$r = k [\text{O}_2]^1 [\text{NO}]^2$$

$$r_1 = k [\text{O}_2]_1^1 [\text{NO}]_1^2$$

$$1,20 \times 10^{-3} = k (0,10)^1 (0,10)^2$$

$$k = 1,2 \text{ M}^{-2}\text{s}^{-1}$$

Jadi harga k yang diperoleh sebesar 1,2 M⁻²s⁻¹.

Jadi hasil percobaan di atas menunjukkan bahwa reaksi antara gas NO dan gas O₂ yang menghasilkan gas NO₂ adalah reaksi berorde 1 terhadap O₂ dan berorde 2 terhadap konsentrasi NO, sehingga orde total (keseluruhan reaksi tersebut) adalah 3. dengan hukum (persamaan reaksi) yakni $r = k [O_2]^1 [NO]^2$ dan harga k dari reaksi tersebut adalah 1,2 M⁻²s⁻¹.

Orde reaksi dan hukum laju pada contoh percobaan di atas dapat ditentukan melalui metode grafik dan/atau komparasi. Kedua metode tersebut memerlukan adanya data dari hasil percobaan. Penentuan laju reaksi secara umum untuk reaksi antara zat dengan zat B dilakukan dengan mengukur laju reaksi saat untuk [A] bervariasi sementara [B] tetap dan untuk [B] bervariasi sementara [A] tetap. Dengan menerapkan teknik penyelesaian metode grafik atau metode komparasi (matematika perkalian silang), orde reaksi dan hukum laju reaksi dapat ditentukan. Untuk lebih menguatkan contoh di atas, perhatikan lagi contoh reaksi A_(g) + B_(g) → C_(g) dengan data konsentrasi awal A dan B serta laju awal reaksi dalam Tabel LR-3b5.

Tabel LR-3b5. Laju Reaksi Terbentuknya gas C

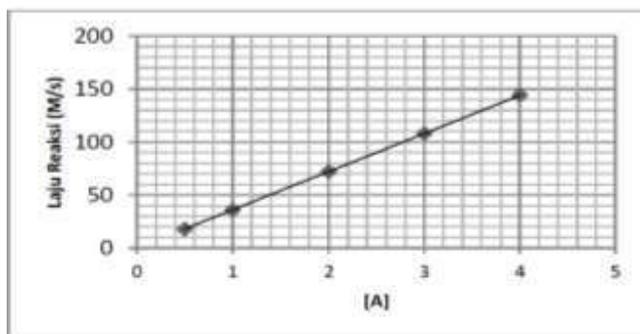
No	[A] M	[B] M	Laju Reaksi (M/s)
1.	0,5	1,0	2,0
2.	0,5	2,0	8,0
3.	0,5	3,0	18
4.	0,5	4,0	32
5.	0,5	5,0	50
6.	1,0	3,0	36
7.	2,0	3,0	72
8.	3,0	3,0	108
9.	4,0	3,0	144

Hubungan peningkatan konsentrasi A terhadap laju reaksi tersebut dapat ditampilkan ke dalam bentuk grafik. Untuk mempermudah pembuatan grafik, diawali dengan pembuatan tabel bantu hubungan peningkatan konsentrasi A terhadap laju reaksi pada konsentrasi B tetap dalam Tabel LR-3b6.

Tabel LR-3b6. Hubungan peningkatan konsentrasi A terhadap laju reaksi pada konsentrasi B Tetap

No	[A] M	[B] M	Laju Reaksi (M/s)
3	0,5	3,0	18
6	1,0	3,0	36
7	2,0	3,0	72
8	3,0	3,0	108
9	4,0	3,0	144

Grafik hubungan peningkatan konsentrasi reaktan A terhadap laju reaksi pada konsentrasi B tetap dapat ditentukan dengan memasukkan konsentrasi reaktan A dan besarnya laju reaksi dalam Tabel LR-3b6 ke dalam grafik, sehingga didapatkan grafik dalam Gambar b3.



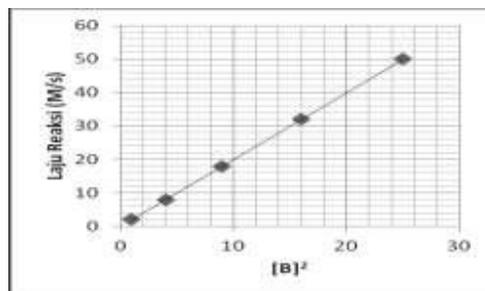
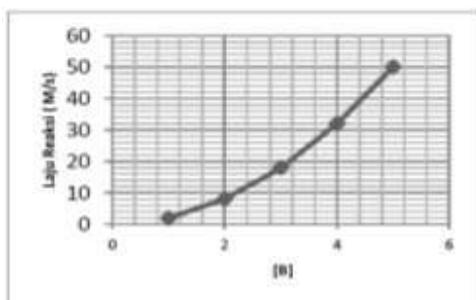
Gambar b3. Grafik Laju Reaksi terhadap Konsentrasi A pada Konsentrasi B Tetap

Grafik konsentrasi A terhadap laju reaksi di atas menunjukkan garis lurus (linier), yakni $r = k_1 [A]$. Hubungan yang demikian dikenal sebagai reaksi orde satu terhadap reaktan A pada konsentrasi B tetap dalam reaksi tersebut. Orde reaksi berupa pangkat dari konsentrasi zat-zat reaktan penentu laju reaksi dalam persamaan tersebut.

Hubungan peningkatan konsentrasi reaktan B terhadap laju reaksi tersebut juga ditampilkan ke dalam bentuk grafik. Untuk mempermudah pembuatan grafik, diawali dengan pembuatan tabel bantu hubungan peningkatan konsentrasi reaktan B terhadap laju reaksi pada konsentrasi A tetap seperti dalam Tabel LR-3b7.

Tabel LR-3b7. Hubungan konsentrasi B terhadap laju reaksi pada konsentrasi A tetap				
No	[A]	[B]	[B] ²	Laju Reaksi (M/s)
1	0,5	1,0	1,0	2,0
2	0,5	2,0	4,0	8,0
3	0,5	3,0	9,0	18
4	0,5	4,0	16,0	32
5	0,5	5,0	25,0	50

Grafik hubungan peningkatan konsentrasi reaktan B terhadap laju reaksi pada konsentrasi A tetap dapat ditentukan dengan memasukkan [B] dan besarnya laju reaksi pada Tabel LR-3b7 ke dalam grafik (Gambar b4a) dan konsentrasi [B]² dan besarnya laju reaksi pada LR-3b7 dimasukkan ke dalam grafik (Gambar b4b), sehingga didapatkan 2 bentuk grafik itu.



(a). Grafik garis melengkung (kurva)

(b). Grafik linier (Garis Lurus)

Gambar b4. Grafik laju reaksi terhadap konsentrasi B pada konsentrasi A Tetap

Data menunjukkan grafik garis lurus laju reaksi terhadap $[B]^2$ yakni reaksi ordo dua terhadap zat B atau kuadratik terhadap $[B]$. Persamaan reaksi tersebut terhadap zat reaktan B adalah $r = k^2 [B]^2$.

Ordo reaksi yang didapat dengan metode grafik dapat periksa kebenarannya dengan metode komparasi. Orde reaksi terhadap zat A ditentukan dengan membandingkan 2 data percobaan yang memiliki konsentrasi B tetap (sama), yaitu percobaan 6 dan 7 pada Tabel LR-3b5. Perhitungannya seperti di bawah ini.

$$\frac{r_6}{r_7} = \frac{k_6}{k_7} \left(\frac{[A_6]}{[A_7]} \right)^m \left(\frac{[B_6]}{[B_7]} \right)^n \rightarrow k_6 = k_7$$

$$\frac{36}{72} = \left(\frac{1,0}{2,0} \right)^m \left(\frac{3,0}{3,0} \right)^n \rightarrow \frac{1}{2} = \left(\frac{1}{2} \right)^m (1)^n$$

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

Jadi reaksi ordo 1 terhadap zat A

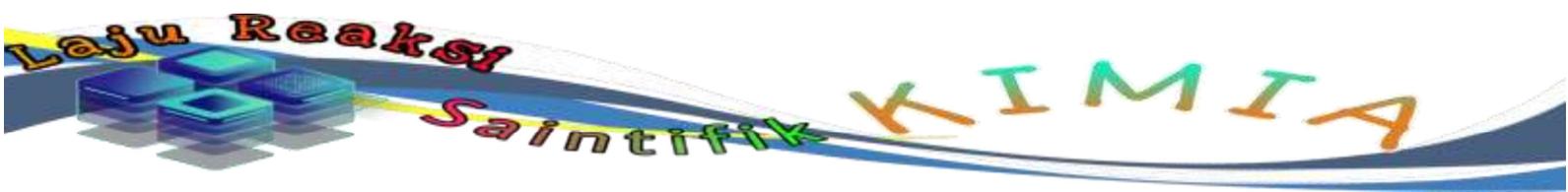
Orde reaksi terhadap B ditentukan dengan membandingkan 2 data percobaan yang memiliki konsentrasi A tetap (sama), yaitu pada percobaan 1 dan 2 pada Tabel LR-3b5. Perhitungannya seperti di bawah ini.

$$\frac{r_1}{r_2} = \frac{k_1}{k_2} \left(\frac{[A_1]}{[A_2]} \right)^m \left(\frac{[B_1]}{[B_2]} \right)^n \rightarrow k_1 = k_2$$

$$\frac{2}{8} = \left(\frac{0,5}{0,5} \right)^m \left(\frac{1,0}{2,0} \right)^n \rightarrow \frac{2}{8} = (1)^m \left(\frac{1}{2} \right)^n$$

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

Jadi reaksi ordo dua terhadap zat B



Dari metode komparasi (perbandingan) maupun metode grafik (Gambar b3 dan b4) di atas, didapatkan hasil yang sama yakni reaksi ordo satu terhadap zat reaktan A dan reaksi ordo dua terhadap zat reaktan B. Jadi ordo reaksi total (keseluruhan) adalah $m + n = 1 + 2 = 3$. Selanjutnya, persamaan laju reaksinya adalah

$$r = k[A]^m[B]^n = k[A][B]^2$$

Harga konstanta laju reaksinya (k) dapat ditentukan dengan memasukkan salah satu data percobaan dari tabel ke dalam persamaan laju reaksi. Misalnya data percobaan 1 yang dipilih, maka harga k dihitung sebagai berikut.

$$r = k[A]^m[B]^n \rightarrow k = \frac{v}{[A]^m[B]^n}$$

$$k = \frac{v_1}{[A]_1^m [B]_1^n}$$

$$k = \frac{2 \text{ Ms}^{-1}}{(0,5 \text{ M})(0,5 \text{ M})^2}$$

$$k = 4 \text{ M}^{-2}\text{s}^{-1}$$

Reaksi pada percobaan tersebut merupakan reaksi berordo 1 terhadap zat A dan berordo 2 terhadap zat B, sehingga orde total terhadap reaksi tersebut adalah 3. Harga k dari reaksi tersebut adalah $4 \text{ M}^{-2}\text{s}^{-1}$. Jadi harga laju reaksinya akan selalu sama dengan harga tetapan laju dikalikan dengan konsentrasi A berpangkat 1 dan konsentrasi B berpangkat 2.

Berdasarkan contoh di atas, orde reaksi dapat diinterpretasikan melalui grafik hubungan laju reaksi terhadap konsentrasi sebagai berikut.

1. Reaksi orde 1 misalnya terhadap reaktan A diinterpretasikan melalui grafik linier (garis lurus) yang menggambarkan hubungan laju reaksi (r) terhadap $[A]$
2. Reaksi orde 2 misalnya terhadap reaktan A yang grafik hubungan laju reaksi (r) terhadap konsentrasi A atau $[A]$ berupa grafik kurva (garis lengkung) dan jika diolah lebih lanjut akan menunjukkan grafik laju reaksi linier (garis lurus) terhadap kuadrat konsentrasi A atau $[A]^2$
3. Reaksi orde 0 misalnya terhadap reaktan A diinterpretasikan melalui grafik garis lurus mendatar yang menggambarkan laju reaksi (r) tidak bergantung pada $[A]$ yakni laju reaksi konstan ketika konsentrasi zat A bervariasi tetapi konsentrasi zat reaktan lain (yang bereaksi dengan zat A) tetap.

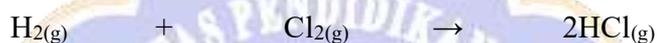
Orde reaksi merupakan tingkat pengaruh secara eksponensial (bilangan pangkat) dari konsentrasi zat-zat reaktan penentu laju reaksi. Orde reaksi disebut juga tingkat reaksi. Orde reaksi ditentukan untuk setiap reaktan. Kemudian, orde reaksi keseluruhan ditentukan dengan menjumlahkan orde reaksi setiap reaktan dari reaksi tersebut.

Secara matematis, hubungan antara konsentrasi reaktan, orde reaksi, dan laju reaksi dinyatakan dalam bentuk persamaan laju reaksi yang sering disebut dengan hukum laju. Lebih lanjut, komponen lain yang juga terdapat dalam persamaan laju reaksi adalah konstanta laju

reaksi yang biasanya disimbolkan dengan k sebagai konstanta kesebandingan (proporsionalitas) antara laju reaksi dan konsentrasi reaktan sesuai dengan ordenya. Besarnya konstanta laju reaksi tidak bergantung pada konsentrasi reaktan akan tetapi bergantung pada jenis reaktan dan temperatur sistem reaksi. Harga k akan bernilai tetap apabila temperatur tetap, tetapi akan membesar jika temperatur meningkat. Berdasarkan contoh di atas, persamaan atau hukum laju reaksi tidak dapat diprediksi atau ditentukan melalui koefisien reaksi melainkan ditentukan berdasarkan data hasil eksperimen (percobaan).

Teori Tumbukan

Reaksi antara molekul-molekul gas hidrogen dan molekul-molekul gas klor membentuk molekul-molekul senyawa gas hidrogen klorida tentunya melibatkan kontak antar molekul-molekul reaktan. Kontak antar molekul (partikel) yang bergerak cenderung melibatkan tumbukan antar partikel.



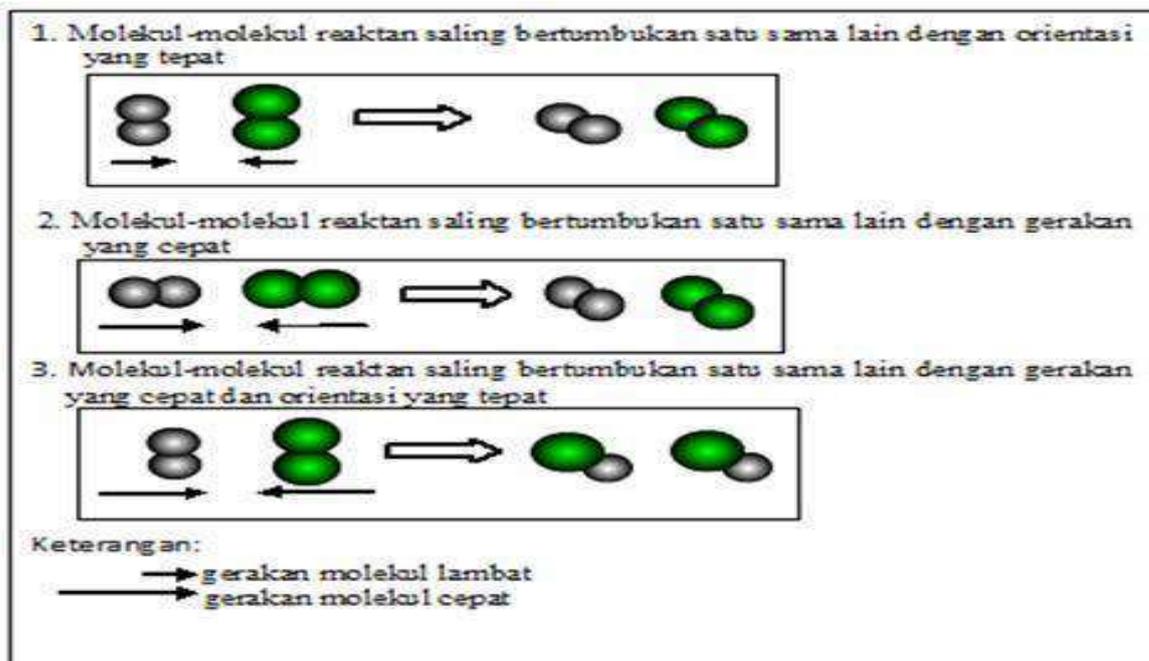
Gambar b5.

Reaksi pembentukan molekul-molekul senyawa gas hidrogen klorida

Fakta sebelumnya telah menunjukkan bahwa kenaikan temperatur mempercepat laju reaksi. Demikian juga makin besar konsentrasi reaktan, semakin cepat reaksi tersebut. Namun, peningkatan laju reaksi tidak selalu linier dengan konsentrasi suatu reaktan, melainkan ada juga yang berbentuk kurva. Bagaimana hubungan antara tumbukan antar partikel reaktan dengan laju reaksi? Demikian juga adanya pola grafik yang bervariasi menunjukkan tampaknya tidak semua tumbukan menghasilkan reaksi. Apakah posisi tumbukan antar partikel dan kecepatan partikel reaktan berpengaruh terhadap laju reaksi?

Kedua gejala di atas mengindikasikan adanya tumbukan efektif sebagai syarat terjadinya reaksi. Apakah yang membedakan antara tumbukan efektif dengan tumbukan tidak efektif? Hipotesis yang dapat dirumuskan dari pertanyaan di atas yaitu tumbukan efektif merupakan tumbukan yang dapat menghasilkan reaksi karena energi kinetik partikel-partikel zat-zat reaktan yang bertumbukan cukup dan posisi/orientasi tumbukan tersebut tepat (sesuai). Sebaliknya tumbukan antara partikel-partikel zat reaktan yang tidak memiliki kondisi demikian tidak akan menghasilkan reaksi dan disebut sebagai tumbukan tidak efektif.

Molekul H_2 dan molekul Cl_2 harus bertumbukan satu sama lain agar menghasilkan molekul HCl . Adapun beberapa kemungkinan tumbukan yang terjadi antar partikel pereaksi dapat dilihat dalam Gambar b6.



Gambar b6.

Tumbukan antara Molekul H_2 dan Molekul Cl_2

Dari Gambar b6 (tumbukan 1, tumbukan 2 dan tumbukan 3) di atas yang cenderung menghasilkan produk berupa molekul HCl adalah tumbukan 3. Mengapa tumbukan 1 dan tumbukan 2 cenderung tidak menghasilkan produk? Terbentuk atau tidaknya produk dari ketiga kemungkinan tumbukan di atas sangat dipengaruhi oleh bagaimana tumbukan yang terjadi. Setiap benda yang bergerak memiliki energi kinetik, begitu pula halnya suatu partikel (molekul). Semakin cepat pergerakan suatu partikel, semakin besar energi kinetiknya. Cepat lambatnya pergerakan suatu partikel dipengaruhi oleh temperatur. Ketika partikel-partikel bertumbukan, sebagian dari partikel yang bertumbukan akan bergetar kuat sehingga memutuskan beberapa ikatan kimianya. Putusnya ikatan cenderung sebagai langkah pertama ke pembentukan produk. Jika energi kinetik awalnya kecil, partikel hanya akan terpantul tetapi masih utuh. Hal inilah yang membedakan tumbukan 1 dan tumbukan 3. Pada tumbukan 1, molekul-molekul yang bertumbukan bergerak dengan lambat. Lambatnya gerakan molekul (partikel) tersebut berdampak pada energi kinetik yang dimiliki oleh partikel yang bertumbukan kecil sehingga produk tidak dapat terbentuk. Lain halnya dengan tumbukan 3 dimana partikel-partikel yang bertumbukan bergerak dengan cepat. Partikel yang bergerak dengan cepat memiliki energi

kinetik yang cukup (besar) sehingga terbentuk produk berupa dua molekul HCl . Dari segi energi, ada semacam energi tumbukan minimum yang harus tercapai agar reaksi terjadi. Energi

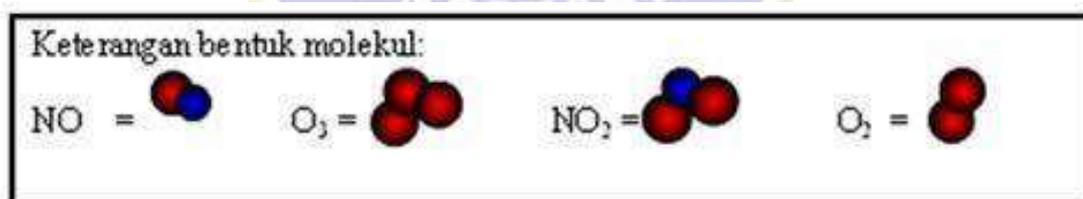
minimum tersebut dikenal sebagai energi aktivasi. Hal ini menunjukkan, untuk bereaksi partikel-partikel yang bertumbukan harus memiliki energi kinetik sama dengan atau lebih besar daripada energi aktivasi.

Selain energi, ada orientasi atau posisi tumbukan yang juga dapat mempengaruhi terjadinya reaksi, seperti yang telah ditunjukkan pada Gambar b6 (tumbukan 1, 2 dan 3). Pada tumbukan 2, orientasi tumbukan yang terjadi tidak tepat sehingga produk tidak dapat terbentuk, meskipun energi kinetiknya (kecepatan partikel) mungkin mencukupi. Lain halnya dengan tumbukan 3 memiliki orientasi tumbukan yang tepat, dimana antar partikel H dan partikel Cl saling bertumbukan satu sama lain dalam posisi yang tepat sehingga terbentuk produk berupa dua molekul HCl.

Dari contoh kemungkinan tumbukan pada Gambar b6 (tumbukan 1, 2 dan 3) di atas, tidak semua tumbukan antar partikel reaktan dapat menghasilkan reaksi. Tumbukan yang dapat menghasilkan reaksi adalah tumbukan 3. Tumbukan 3 menunjukkan tumbukan efektif, sedangkan tumbukan 1 dan 2 menunjukkan tumbukan yang tidak efektif.

Dari uraian di atas, dapat ditentukan bahwa orientasi atau posisi tumbukan partikel dan energi tumbukan (kecepatan partikel) mempengaruhi partikel-partikel reaktan yang bertumbukan untuk menghasilkan produk (terjadi reaksi). Hal ini memberikan konsekuensi terhadap pengertian tumbukan efektif yang dapat dibedakan dengan tumbukan tidak efektif. Berdasarkan kajian mengenai contoh kemungkinan tumbukan di atas, tumbukan efektif merupakan tumbukan yang dapat menghasilkan reaksi, terjadi apabila partikel yang bertumbukan memiliki energi kinetik sama dengan atau lebih besar daripada energi pengaktifan dan memiliki orientasi tumbukan yang tepat (tumbukan 3). Sedangkan tumbukan tidak efektif merupakan tumbukan yang tidak dapat menghasilkan reaksi, terjadi apabila partikel yang bertumbukan memiliki energi kinetik yang lebih kecil daripada energi pengaktifan dan/atau memiliki orientasi tumbukan yang tidak tepat (tumbukan 1 dan 2).

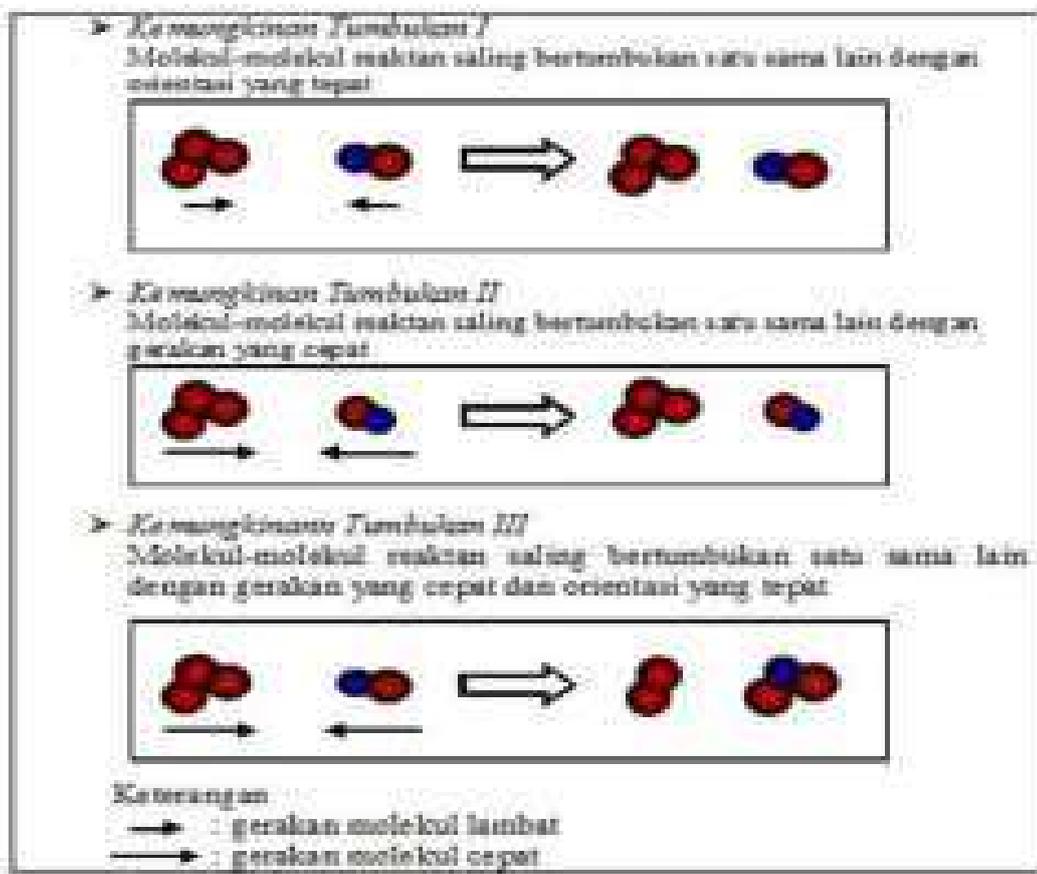
Analisis yang sama juga dapat dilakukan terhadap reaksi: $\text{NO}_{(g)} + \text{O}_{3(g)} \rightarrow \text{NO}_{2(g)} + \text{O}_{2(g)}$ dengan menggambarkan 3 kemungkinan tumbukan yang terjadi antar partikel pereaksi!



Gambar b7.

Bentuk Molekul NO, O₃, NO₂ dan O₂

Molekul NO dan molekul O₃ harus bertumbukan satu sama lain agar menghasilkan molekul NO₂ dan molekul O₂. Beberapa kemungkinan tumbukan yang terjadi antar partikel pereaksi dapat dilihat pada Gambar b8.



Gambar b8.
Tumbukan antara Molekul O₃ dan Molekul NO

Berdasarkan ketiga kemungkinan tumbukan pada Gambar b8, tumbukan dipengaruhi oleh besarnya energi kinetik dan orientasi tumbukan antar partikel pereaksi. Tumbukan 3 merupakan tumbukan yang paling memungkinkan terjadinya reaksi karena tumbukan 3 memiliki orientasi tumbukan yang tepat serta gerakan molekulnya (partikel) cepat. Gerakan partikel yang cepat berdampak pada partikel-partikel yang bertumbukan tersebut memiliki energi kinetik yang cukup untuk melampaui energi pengaktifan untuk menghasilkan suatu produk. Semakin besar energi kinetik yang dimiliki oleh partikel-partikel zat yang bereaksi, maka akan semakin mudah untuk melampaui energi pengaktifan yang merupakan energi minimum untuk terjadinya suatu reaksi.



<https://youtu.be/YacsIU97OFc>



C. Tugas Pembelajaran Materi Kluster LR-3:

- a. Tugas kelompok:** rangkuman kegiatan 5M ilmiah induktif (dikumpul bersamaan dengan isian LKPD sebagai tugas kelompok pasca-pembelajaran)
- 3) Isian kegiatan 5M dalam LKPD
 - 4) Buat rangkuman dalam bentuk isian tabel hubungan jenis pengetahuan faktual, prosedural, konseptual, dan metakognitif yang terkait dari konstruksi konsepsi ilmiah (= pengetahuan konseptual sebab-akibat) serta konsistensi variabel-variabel pembuktian hipotesis disajikan dalam tabel berikut.

Hipotesis	Pengetahuan faktual	Prosedur ilmiah (p.prosedural)	Variabel bebas (VB)	Variabel terikat (VT)	Variabel kontrol (VK)	Pengeta- huan prasyarat	Meta- kognitif

- b. Tugas Perorangan:** pemahaman dan pengayaan konsepsi ilmiah yang disasar
Identifikasi dan jawab soal-soal penguasaan konsep

Nitrogen monoksida bereaksi dengan oksigen membentuk gas nitrogen dioksida menurut reaksi:

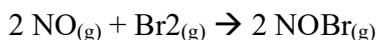


Untuk menentukan laju reaksinya dilakukan percobaan dan diperoleh data sebagai berikut:

Percobaan	Konsentrasi Awal NO	Konsentrasi Awal O ₂	Laju Reaksi (M/s)
1	0,3 M	0,05 M	0,9
2	0,3 M	0,15 M	2,7
3	0,1 M	0,25 M	0,5
4	0,2 M	0,25 M	2,0

1. Tentukan orde reaksi dari gas NO dan gas O₂!
2. Tuliskan persamaan laju reaksinya!
3. Berapakah laju reaksinya bila konsentrasi gas NO adalah 0,05 M dan gas O₂ 0,01 M

Tabel 2 merupakan data hasil percobaan reaksi antara gas NO dan gas Br₂ pada suhu 273⁰ C.



Tabel 2 Data hasil percobaan laju reaksi antara gas NO dan gas Br₂

Percobaan	Konsentrasi (M)		Laju Reaksi NOBr (M.s ⁻¹)
	NO	Br ₂	
1	0.10	0.10	12
2	0.10	0.20	24
3	0.10	0.30	36
4	0.20	0.10	48

- Perhatikan data percobaan 1 dan 2. Kemudian bandingkan konsentrasi reaktan dengan laju reaksinya. Melalui data tersebut, tentukan harga orde Br₂!
- Tuliskan persamaan atau hukum laju dari reaksi di atas!
- Tentukan harga k !

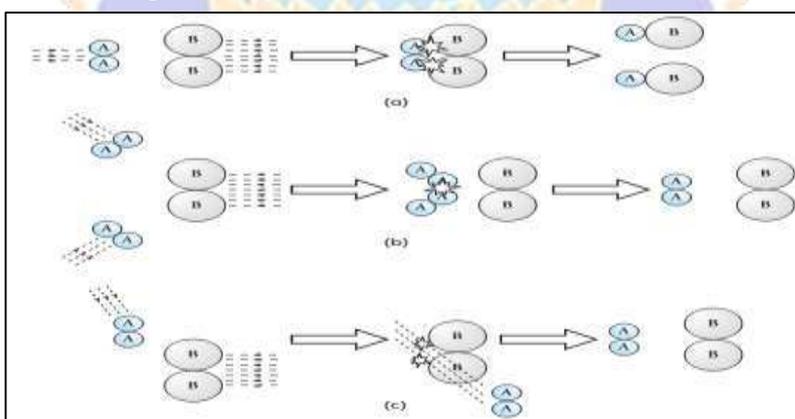
Dari hasil percobaan, diketahui bahwa hukum laju atau persamaan laju dari reaksi di atas adalah :

$$r = k [\text{H}_2]^1 [\text{NO}]^2$$

k merupakan konstanta atau tetapan laju reaksi yang bergantung pada temperatur.

- $r = k[\text{H}_2]^1[\text{NO}]^2$ merupakan hukum laju dari reaksi di atas. Apakah yang dimaksud dengan hukum laju/ persamaan laju reaksi?
- Bagaimana nilai laju reaksi jika konsentrasi H₂ diperbesar dua kali dan konsentrasi NO tetap?
- Bagaimana nilai laju reaksi jika konsentrasi NO diperbesar dua kali dan konsentrasi H₂ tetap?

Perhatikan gambar (a);



- Apakah terjadi tumbukan antara molekul A₂ dengan molekul B₂?
- Apakah arah (orientasi) atom A tepat bertumbukan dengan atom B?
- Pada saat bertumbukan, apa yang terjadi dengan molekul A₂ (dianggap ikatan A-A) dan B₂ (dianggap ikatan B-B)?
- Senyawa apa yang terbentuk dari hasil tumbukan, dan apakah terbentuk senyawa baru?



References :

- Chang, R., (2002). *Chemistry. Seventh Edition*, Boston: McGraw-Hill Companies, Inc.
- William L. M, Cecile N. H. & Edward J.N., (2009). *Chemistry: Principles and Reactions, Seventh Edition*. Brooks/Cole Cengage Learning. USA
- Brady, J.E., (1990). *General Chemistry: Principle and Structure*. New York: John Wiley & Son.
- Chang, r., (2004). *General Chemistry : The Essential Concepts, Third Edition*. The McGraw-Hill Companies.
- Silberberg, M.S. (2003). *Chemistry The Molecular nature of Matter and Change*. Third Edition. New York : McGraw-Hill Higher Education.
- Wijaya, D. 2019. *Smart Pocket Kimia SMA/MA Kelas X,XI,XII*. Cetakan Ke-1. Yogyakarta: Charissa Publisher



RIWAYAT HIDUP



Muhammad Yusran lahir di Pataning Manu, sebuah kampung yang terletak di desa Tanarara, Kecamatan Lewa, Kabupaten Sumba Timur, Provinsi NTT pada hari Minggu pukul 06:32 WITA tanggal 22 Maret 1998. Penulis lahir dari pasangan suami istri Bapak Yusuf Umbu Weru dan Ibu Siti Mardiana. Penulis beragama Islam dan berkebangsaan Indonesia. Saat ini penulis beralamat sementara di Jalan Sahadewa No.8, Kecamatan Buleleng, Kabupaten Buleleng, Provinsi Bali. Riwayat pendidikan yakni penulis menyelesaikan pendidikan dasar di Madrasah Ibtidayah Swasta (MIS) Lewa selama 6 tahun dan lulus pada tahun 2010. Kemudian melanjutkan pendidikan pada tingkat menengah pertama di SMP Negeri 1 Lewa selama 3 tahun dan lulus pada tahun 2013. Selanjutnya tahun 2016 penulis menyelesaikan pendidikan pada tingkat menengah atas di SMA Negeri 1 Lewa yang ditempuh selama 3 tahun. Setelah lulus SMA, penulis melanjutkan ke jenjang perguruan tinggi dengan memilih S1 Jurusan Kimia, Program Studi Pendidikan Kimia Universitas Pendidikan Ganesha. Selama menempuh pendidikan di UNDIKSHA memperoleh berbagai ilmu, baik dibidang akademik maupun non akademik. Peneliti mengikuti organisasi dalam kampus baik dalam tingkat Himpunan Jurusan Kimia, hingga tingkat UKM (Unit Kegiatan Mahasiswa) yakni Resimen Mahasiswa (Menwa) angkatan 31. Namun dalam perjalanan menyelesaikan studi terdapat beberapa masalah atau persoalan baik dari dalam ruang lingkup kuliah maupun dari luar yang tidak bisa disajikan di sini. Hal ini sedikit mempengaruhi waktu studi peneliti yang normalnya S1 Jurusan Kimia ditempuh selama 4 tahun (8 semester) menjadi 7 tahun (14 semester). Terlepas dari persoalan ini, pada tanggal 21 Juni 2023 penulis akhirnya menyelesaikan Skripsi yang berjudul **“Pengembangan Video Pembuktian Hipotesis dalam Model Pembelajaran Berbasis Masalah pada Topik Laju Reaksi”**. Selanjutnya peneliti mengikuti Yudisium di Fakultas MIPA pada hari Selasa 27 Juni 2023 sehingga terhitung dari penutupan kegiatan, peneliti telah berhak secara sah menyanggah gelar Sarjana Pendidikan (S.Pd) jurusan Kimia, Program Studi Pendidikan Kimia.