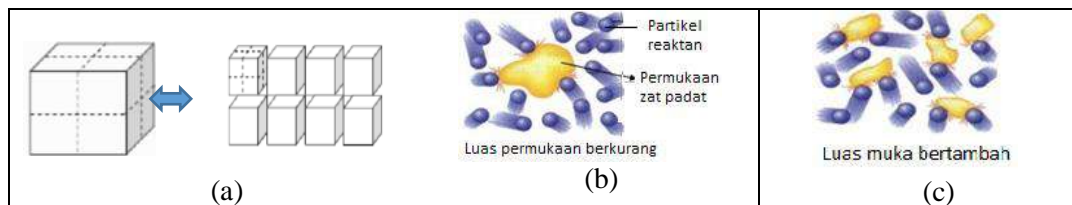


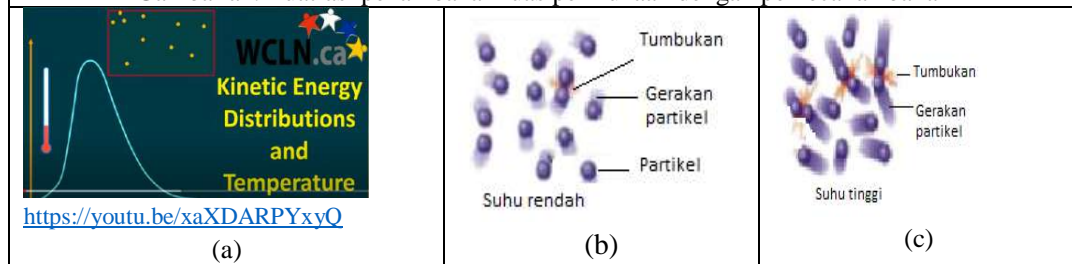
# MICRO LEARNING DEDUKTIF

## FAKTOR-FAKTOR MEMENGARUHI LAJU REAKSI

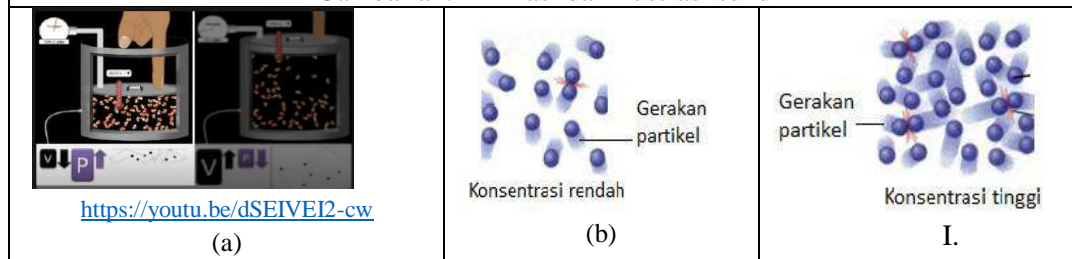
### (SUBTOPIK SIFAT LAJU REAKSI)



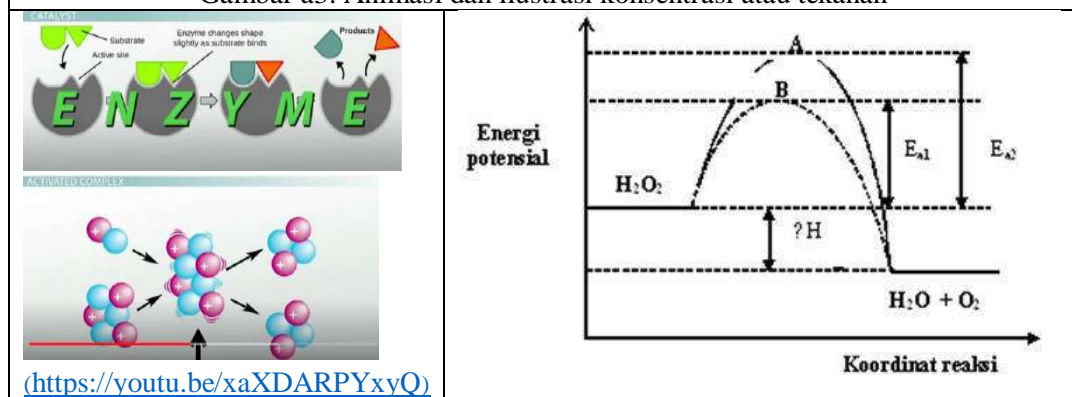
Gambar a1. Ilustrasi penambahan luas permukaan dengan pemecahan bahan



Gambar a2. Animasi dan ilustrasi suhu



Gambar a3. Animasi dan ilustrasi konsentrasi atau tekanan



Gambar a4. Animasi dan ilustrasi katalis

Naskah *micro learning* terdiri atas (a) lembar kerja, (b) informasi (teks) materi konstruksi konsepsi ilmiah, dan (c) tugas kelompok dan perorangan.

Tujuan pengetahuan dan keterampilan ilmiah:

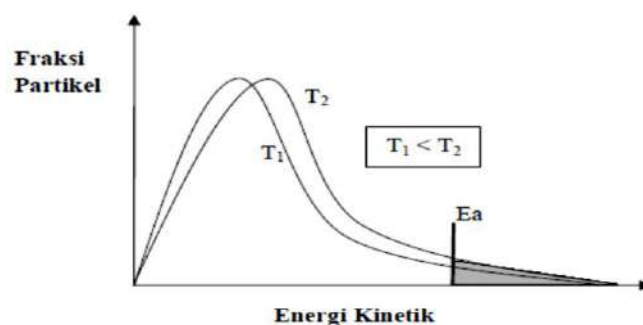
mampu menganalisis faktor-faktor yang memengaruhi laju reaksi melalui eksperimen

a. Lembar kerja mahasiswa

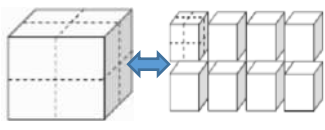


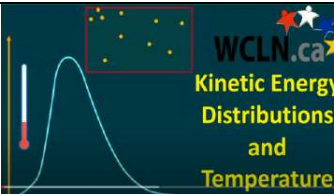
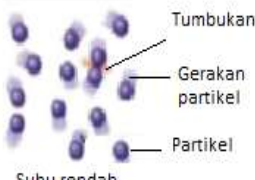
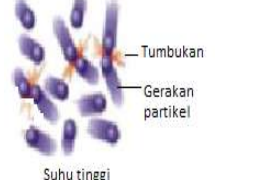
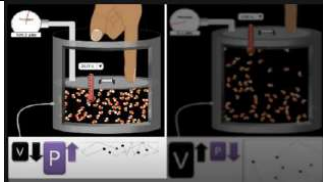

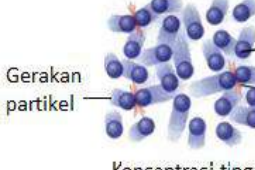
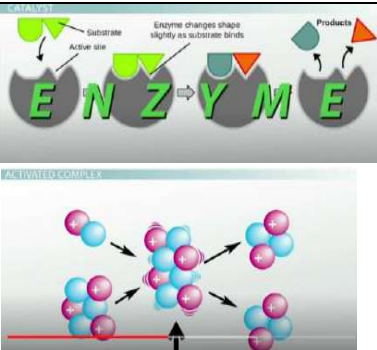
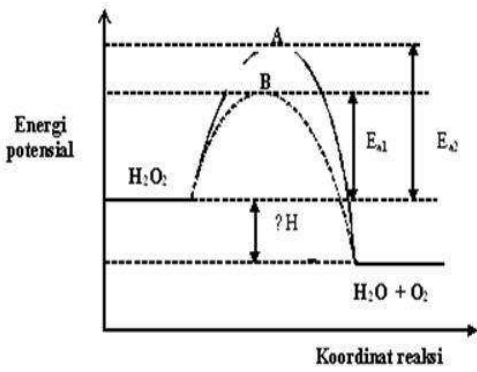
Fenomena

Kajian teori tumbukan dalam pertemuan sebelumnya mengungkap bahwa reaksi kimia terjadi dari tumbukan efektif antar partikel-partikel reaktan. Jumlah tumbukan efektif persatuan volume per satuan waktu akan menentukan besar laju reaksi kimia yang tentu bergantung pada kecepatan partikel (energi kinetik) dan kerapatan partikel-partikelnya. Untuk reaksi dalam fase gas maupun larutan cair, partikel-partikel reaktan berupa atom, molekul, dan/atau ion-ion sesuai dengan jenis zat tersebut, sehingga tumbukan akan dapat terjadi pada semua partikel. Namun untuk reaksi yang melibatkan fase padat, hanya partikel-partikel reaktan zat padat di permukaan saja yang mungkin mengalami tumbukan dengan partikel reaktan lain untuk menghasilkan reaksi. Dengan demikian luas permukaan sentuh zat padat turut menentukan laju reaksi. Suatu zat dengan massa yang sama dalam bentuk butiran akan memiliki luas permukaan yang jauh lebih luas dibanding jika zat itu berupa sebuah bongkahan besar. Di samping itu, sebelumnya juga telah diungkap bahwa tumbukan efektif hanya terjadi jika energi tumbukan cukup ( $\geq E_a$ ). Terdapat suatu zat (materi) atau katalis yang mampu membentuk spesi gabungan katalis dan partikel reaktan (spesi kompleks intermediat teraktivasi) dengan energi pengaktifan (aktivasi) terkatalis ( $E_{ak}$ ) lebih rendah dari energi pengaktifan tanpa katalis ( $E_a$ ) untuk menghasilkan produk yang sama. Katalis terbentuk kembali saat produk sudah terbentuk (jumlah katalis tidak berkurang).

Partikel-partikel suatu materi pada suhu tertentu tidaklah semua memiliki kecepatan yang sama, melainkan memiliki distribusi fraksi (seperti persentase) jumlah partikel untuk sebaran energi kinetiknya dalam grafik Gambar 1 sebagai distribusi Maxwell-Boltzman.  $E_a$  merupakan energi kinetik minimum partikel-partikel pada suhu tersebut yang mampu menghasilkan reaksi atau menghasilkan tumbukan efektif. Daerah yang diarsir merupakan jumlah (total) fraksi (% total) partikel yang memiliki energi kinetik  $\geq E_a$ .



Analisis hubungan fraksi partikel-partikel dan energi kinetik yang mengindikasikan energi pengaktifan (tumbukan efektif) untuk keempat faktor yang dapat berpengaruh terhadap laju reaksi diilustrasikan secara sub-mikroskopis (molekuler) melalui video atau gambar yang diorganisasikan dalam tabel berikut.

No	Faktor	Ilustrasi	Perbedaan fraksi tumbukan efektif	
			Keadaan lebih rendah (keci)	Keadaan lebih tinggi (besar)
1	Luas muka	 <p>(a)</p>	 <p>(b)</p>	 <p>(c)</p>
		Gambar a1.		
2	Suhu	 <p>(a)</p> <p><a href="https://youtu.be/xaXDARPYxyQ">https://youtu.be/xaXDARPYxyQ</a></p>	 <p>(b)</p>	 <p>(c)</p>
		Gambar a2.		
3	Konsentra si	 <p>(a)</p> <p><a href="https://youtu.be/dSEIVEI2-cw">https://youtu.be/dSEIVEI2-cw</a></p>	 <p>(b)</p>	 <p>II.</p>
		Gambar a3.		
4	Katalis	 <p>(a)</p> <p><a href="https://youtu.be/xaXDARPYxyQ">https://youtu.be/xaXDARPYxyQ</a></p>		
		Gambar a4.		

### 1. Mengamati (M1)

Informasi latar munculnya konsepsi ilmiah tentang pengaruh faktor-faktor (konsentrasi, luas permukaan, suhu dan katalis) terhadap laju reaksi dalam paragraf kajian konsep awal umum teori tumbukan yang mendasari reaksi kimia (diisi).

• ..	• ..
• ...	• ...
• ..	• ..
• ...	• ...

## 2. Menanya (M2)

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

a). Pertanyaan klarifikasi:

---

b). Rumusan masalah investigasi:

---



---

## 3. Mengumpulkan data (M3)

Jawaban terhadap rumusan masalah investigasi diperoleh melalui beberapa langkah.

a). Rumusan hipotesis dari rumusan masalah investigasi (terutama dalam bentuk sebuah kalimat aktif sebab-akibat untuk hipotesis deduktif) sebagai berikut.

---



---

b). 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
Semakin besar konsentrasi, suhu, dan luas permukaan reaktan (semakin banyak tumbukan efektif partikel reaktan per satuan volum) serta dengan kehadiran katalis (membentuk kompleks teraktivasi intermediat dengan $E_a$ menurun) menyebabkan laju reaksi semakin cepat	...	...	...
	...	...	...
	...	...	...
	...	...	...

c). *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 dibuat sama agar tidak berpengaruh (sebagai variabel kontrol). Rancangan pembuktian untuk hipotesis di atas disajikan dalam tabel berikut. Setiap kolom variabel bebas maupun variabel terikat masih bisa dipecah menjadi beberapa kolom jika hipotesis adalah multivariat (memiliki lebih dari satu variabel) sesuai dengan bunyi hipotesis.





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 memengaruhi laju reaksi (sebanding dengan harga  $1/t$  untuk menghasilkan molaritas produk yang sama) sebagai berikut.

Rancangan pembuktian hipotesis

Hipotesis	Variabel Kontrol	Perlakuan (Variabel Bebas)	VT: Waktu hingga ciri kuantitas tertentu diamati	
			t	1/t
	$\text{CaCO}_3(\text{s}) + \text{HCl}(\text{aq}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + \text{CaCl}_2(\text{aq})$	1 gram bongkahan + 50 mL 0,2 M HCl		
		1 gram serbuk + 50 mL 0,2 M HCl		
	[Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ] dan [HCl] tetap	27°C 25 mL 0,15M Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + 27°C 5 mL 0,75 M HCl + 20 mL aquades dengan total volume 50 mL atau 50 mL campuran yang mengandung 0,075 M Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> dan 0,075 M HCl		
		37°C campuran larutan yang mengandung 0,075 M Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> dan 0,75 M HCl		
	Dalam total volum campuran reaksi 30 mL: 10 mL KI 0,20M (= 0,067 M) + 5 mL 1,00 M HCl (=0,167M) dan 5 mL 0,10 M Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (0,5 mmol)	10 mL 0,30 M H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> dengan total volum campuran reaksi 30 mL = 0,10M		
		10 mL 0,25 M H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> dengan total volum campuran reaksi 30 mL = 0,0833 M		
		10 mL 0,2 M H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> dengan total volum campuran reaksi 30 mL = 0,0667 M		
		10 mL 0,15 M H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> dengan total volum campuran reaksi 30 mL = 0,05 M		
		10 mL 0,1 M H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> dengan total volum campuran reaksi 30 mL = 0,0333 M		
	$\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq}) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{O}_2(\text{g})$	5 ml 2 M H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (aq) 25°C tanpa kehadiran katalis		
5 ml 2 M H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (aq) 25°C dengan kehadiran FeCl <sub>2</sub> (aq)				
5 ml 2 M H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (aq) 25°C dengan kehadiran MnO <sub>2</sub> (s)				

#### 4. Kegiatan mengasosiasi (M4)

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

##### a). Pengolahan dan analisis data

Hipotesis

- .....
- .....

Interpretasi: .....

b). Pembahasan (usahakan satu paragraf untuk satu hipotesis)

.....  
 .....

c) Simpulan:

.....  
 .....  
 ..... (hipotesis  
 diterima/ditolak).

5. 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 materi konsepsi ilmiah tentang faktor memengaruhi laju reaksi

### Fenomena

Paragraf fenomena dan banyak sumber pustaka lain cukup mengingatkan konsepsi awal dan keterampilan serta informasi awal yang diperlukan menuju konstruksi konsepsi ilmiah tentang faktor-faktor yang memengaruhi laju reaksi. Konsepsi ilmiah awal prasyarat berupa molaritas menunjukkan kerapatan partikel, partikel yang lebih cepat memiliki energi kinetik yang lebih besar, laju reaksi berbanding terbalik dengan waktu reaksi (laju reaksi  $\sim 1/t$ ). Keterampilan prasyarat dalam membaca dan membuat grafik dasar. Informasi awal berupa luas permukaan kontak yang meningkat dengan pemecahan padatan untuk massa yang sama, peningkatan suhu mempercepat laju partikel, peningkatan konsentrasi menambah frekuensi tumbukan per satuan volum, dan katalis dapat bereaksi sementara (intermediat) membentuk kompleks teraktivasi dengan energi pengaktifan kompleks tersebut ( $E_{ak}$ ) lebih rendah dari energi pengaktifan reaksi tersebut tanpa kehadiran katalis ( $E_a$ ). Dari informasi awal yang didapat dimungkinkan untuk melahirkan rumusan masalah investigasi yakni bagaimana dapat ditunjukkan peningkatan luas permukaan, suhu, dan konsentrasi, serta kehadiran katalis meningkatkan laju reaksi?

Agar pengumpulan data untuk konstruksi konsepsi ilmiah sebagai jawaban terhadap rumusan masalah investigasi di atas, maka perlu diawali dengan rumusan hipotesis untuk rumusan masalah dalam bentuk pengetahuan konseptual sebab akibat deduktif (sesuai dengan konsepsi ilmiah prasyarat dan informasi awal terkait sebagai berikut. Hipotesis sesuai dengan rumusan masalah “semakin besar konsentrasi, suhu, dan luas permukaan reaktan (semakin banyak tumbukan efektif partikel reaktan per satuan volum) serta dengan kehadiran katalis (membentuk kompleks teraktivasi intermediat dengan  $E_a$  menurun) menyebabkan laju reaksi semakin cepat”.

Rumusan hipotesis 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/rancangan percobaan/eksperimen terhadap 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 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 3.1.2a.

Tabel 3.1.2.1a Rancangan pembuktian hipotesis

Hipotesis	VB						VT	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 raktan reaksi (oleh peningkatan jumlah tumbukan efektif per satuan volum), serta dengan kehadiran katalis (dengan penurunan energi aktivasi melalui pembentukan kompleks teraktivasi intermediat)	$\text{CaCO}_3(\text{s}) + \text{HCl}(\text{aq}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O} + \text{CaCl}_2(\text{aq})$	1 gram bongkahan batu kapur ( $\text{CaCO}_3$ )	50 mL 0,2 M HCl	27°C	<	Tanpa katalis		Konsentrasi dan suhu tetap tanpa katalis
		1 gram serbuk dari bahan sama ( $\text{CaCO}_3$ )		27°C	>			
Laju reaksi semakin lambat 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 teraktivasi intermediat)	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3(\text{aq}) + \text{HCl}(\text{aq}) \rightarrow \text{S}(\text{s}) + \text{Na}_2\text{SO}_3(\text{aq})$	mengandung 0,075 M $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	mengandung 0,075 M HCl	27°C	larutan	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 lambat 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 teraktivasi intermediat)	$\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq}) + 2\text{KI}(\text{aq}) + 2\text{HCl} \rightarrow \text{I}_2(\text{aq}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 2\text{KCl}(\text{aq})$ •II: $\text{I}_2 + 0,5 \text{ mmol Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{KI} + \text{S}_4\text{O}_6^{2-} + \text{I}_2 \text{ sisa} + \text{amilum (biru)}$ Jadi 0,5 mmol $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \sim 0,25 \text{ mmol I}_2$ , maka LR	10 mL 0,30 M $\text{H}_2\text{O}_2$ dengan total volum campuran reaksi 30 mL = 0,10M	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 = ... LR bentuk $\text{I}_2 = (0,25 \text{ mmol}/30)$ dibagi t = ...	Suhu dan konsentrasi reaktan lain tetap, tanpa katalis
		10 mL 0,25 M $\text{H}_2\text{O}_2$ dengan total volum campuran reaksi 30 mL = 0,0833 M					t = ... LR = ...	
		10 mL 0,2 M $\text{H}_2\text{O}_2$ dengan total volum campuran reaksi 30 mL = 0,0667 M					t = ... LR = ..	
		10 mL 0,15 M $\text{H}_2\text{O}_2$ dengan total volum campuran reaksi 30 mL = 0,05 M					t = ... LR = ...	

pembentukan I <sub>2</sub> dari reaksi H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> dan KI = (0,25 mmol/30 mL) / t	10 mL 0,1 M H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> dengan total volum campuran reaksi 30 mL = 0,0333 M					T= ... LR= ..	
2H <sub>2</sub> O <sub>2(aq)</sub> → 2H <sub>2</sub> O <sub>(l)</sub> + O <sub>2(g)</sub>	1,0 M 2H <sub>2</sub> O <sub>2(aq)</sub>	27°C	larutan	Tanpa katalis	Suhu dan konsentrasi tetap		
	1,0 M 2H <sub>2</sub> O <sub>2(aq)</sub>	27°C		+ katalis FeCl <sub>2(aq)</sub>			
	1,0 M 2H <sub>2</sub> O <sub>2(aq)</sub>	27°C		+ katalis MnO <sub>2(s)</sub>			

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

Alat	Bahan
<ul style="list-style-type: none"> <li>Perangkat melakukan reaksi kimia dengan gelas kimia dengan berbagai variasi : 6 buah gelas kimia ukuran 50 mL, 6 buah erlen meyer 100 mL, labu ukur 50 mL dan 100 ML, pipet ukur (pipet gondok 5 mL dan pipet gradasi 5 mL), batang pengaduk, tabung penampung dan pengukur volume gas, termometer dan <i>stopwatch</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>logam atau batu kapur (CaCO<sub>3</sub>)</li> <li>larutan 2M HCl</li> <li>natrium tiosulfat</li> <li>larutan KI</li> <li>larutan hidrogen peroksida 2M</li> <li>larutan FeCl<sub>2(aq)</sub> atau MnO<sub>2(s)</sub></li> <li>sedikit larutan detergen</li> </ul>

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

(1) Pengaruh luas permukaan sentuh/kontak reaksi bisa dibuktikan dengan membandingkan laju pembentukan gas CO<sub>2</sub> dari 1 gram bongkahan batu kapur dan 1 gram serbuk batu kapur. Setiap variasi luas permukaan (ukuran butir) direaksikan dengan 50 mL 2 molar larutan HCl. Reaksi bisa dilakukan dengan menggunakan dua set rangkaian alat penampung dan pengukur gas CO<sub>2</sub> produk dari reaksi satu (a) untuk 1 gram bongkahan CaCO<sub>3</sub> dengan 50 ml 0,2 M HCl dan satu lagi (b) untuk 1 gram serbuk CaCO<sub>3</sub> dengan 50 ml 0,2 M HCl. Waktu pencapaian untuk sejumlah volum gas yang sama dan/atau hingga salah satu reaktan habis dicatat. Eksperimen juga boleh dilakukan secara bergantian jika 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) untuk mengaburkan tanda silang oleh reaksi antara natrium tiosulfat dan larutan HCl dengan konsentrasi setiap reaktan tetap. Misalnya setiap variasi sampel melibatkan reaksi antara 25 mL 0,15M Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan larutan HCl yang diencerkan (yakni mL 0,75 M HCl + 20 mL aquades) dengan total volum campuran reaksi 50 mL atau 50 mL campuran yang mengandung 0,075 M Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan 0,075 M HCl. Di bawah gelas kimia tempat reaksi dibuat tanda silang dengan warna dan ketebalan yang sama. Satu dilakukan pada suhu kamar (27°C) dan satu lagi dilakukan pada suhu 37°C (sebelum direaksikan setiap larutan reaktan direndam dalam penangas air bersuhu 37°C). Saat 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  $\text{H}_2\text{O}_2$  dan larutan KI, misalnya pengaruh konsentrasi larutan  $\text{H}_2\text{O}_2$  dengan variasi konsentrasi 0,15 M, 0,20, 0,25, dan 0,30M 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  $\text{H}_2\text{O}_2$ , dan (iii) 5 mL 0,10 M dalam gelas kimia tempat reaksi dengan konsentrasi sesuai rancangan sampel  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  yang ditambah tiga tetes larutan amilum 1%. Setelah pencatatan waktu dengan stopwatch siap, reaksi dimulai dengan menambahkan larutan (i) dan (ii) bersamaan ke dalam larutan (iii) serta pencatat waktu diaktifkan mulai dari pencampuran. Campuran diaduk dan lama waktu hingga campuran mencapai warna biru yang konsistennya dicatat. Langkah demikian diulang hanya dengan menyesuaikan konsentrasi  $\text{H}_2\text{O}_2$  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 produk  $\text{I}_2$  dapat dihitung adalah setengah dari mmol tiosulfat dibagi volum campuran dan waktu saat warna biru terjadi. Data sesuai dengan variasi sampel ditabelkan dan dibuat grafik laju reaksi konsentrasi  $\text{H}_2\text{O}_2$ .

(4) Tahap eksperimen pembuktian pengaruh katalis dapat berupa laju reaksi penguraian larutan lama hidrogen peroksida dengan konsentrasi dan suhu yang sama, tetapi dengan kehadiran dan tanpa kehadiran katalis seperti  $\text{MnO}_2$  atau ion  $\text{Fe}^{2+}$ . 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  $\text{H}_2\text{O}_2$  dan ditambah tiga tetes larutan detergen. Pada waktu yang sama, tabung (i) ditambah  $\text{MnO}_2$  (padatan sukar larut), tabung (ii) ditambah beberapa tetes larutan  $\text{Fe}^{2+}$  dan tabung (iii) tanpa penambahan zat lain lagi. Ketiga tabung dikocok secukupnya dan kemudian didiamkan serta diamati. Untuk selang waktu yang sama tinggi buih yang timbul pada setiap tabung diukur dan dibandingkan.

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. Namun untuk menjamin kelengkapan informasi, tabel pencatatan data hasil eksperimen dan pengolahannya mengacu pada tabel rancangan 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.

Tabel 3.1.2.1b Tabel catatan dan pengolahan eksperimen

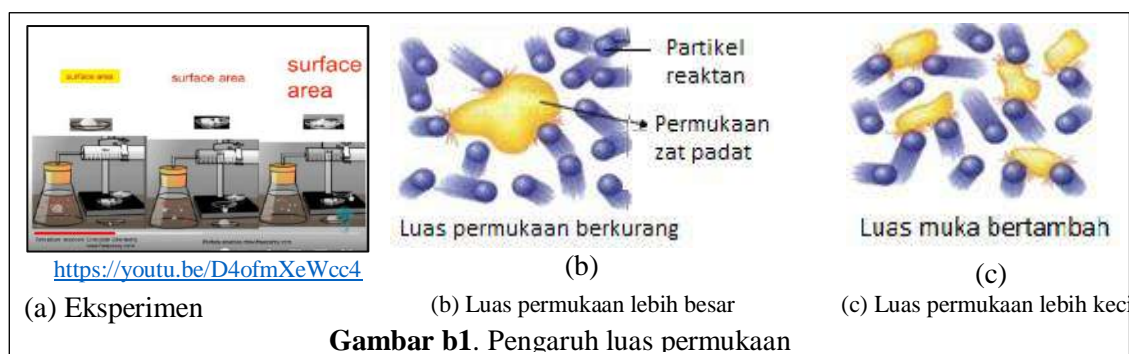
Hipotesis	VB						VT	VK
	Reaksi kimia	[reaktan 1]	[reaktan lain]	Suhu reaksi	Luas permukaan	Kehadiran katalis	Laju reaksi (1/t) atau perbedaan relatifnya	
Laju reaksi semakin cepat dengan semakin besarnya konsentrasi, suhu, dan luas permukaan raktan reaksi (oleh peningkatan jumlah tumbukan efektif per satuan volum), serta dengan kehadiran katalis (dengan penurunan energi aktivasi melalui pembentukan kompleks teraktivasi intermediat)	$\text{CaCO}_3(\text{s}) + \text{HCl}(\text{aq}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O} + \text{CaCl}(\text{aq})$	1 gram bongkahan batu kapur ( $\text{CaCO}_3$ )	50 mL 0,2 M HCl	27°C	<	Tanpa katalis	~ 1/t (padatan habis) >	Konsentrasi dan suhu tetap tanpa katalis
		1 gram serbuk dari bahan sama ( $\text{CaCO}_3$ )		27°C	>		>>	
	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3(\text{aq}) + \text{HCl}(\text{aq}) \rightarrow \text{S}(\text{s}) + \text{Na}_2\text{SO}_3(\text{aq})$	mengandung 0,075 M $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	mengandung 0,075 M HCl	27°C	larutan	Tanpa katalis	>	Konsentrasi tetap dan tanpa katalis
	dengan total volum campuran reaksi 50 mL	mengandung 0,075 M $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$		37°C			>>	
	Larutan dengan total volume campuran reaksi 30 mL: •I: $\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq}) + 2\text{KI}(\text{aq}) + 2\text{HCl} \rightarrow \text{I}_2(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 2\text{KCl}(\text{aq})$ •II: $\text{I}_2 + 0,5 \text{ mmol Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{KI} + \text{S}_4\text{O}_6^{2-} + \text{I}_2 \text{ sisa} + \text{amilum (biru)}$ Jadi 0,5 mmol $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \sim 0,25 \text{ mmol I}_2$ , maka LR pembentukan $\text{I}_2$ dari reaksi $\text{H}_2\text{O}_2$ dan $\text{KI} = 1/t \times (0,25 \text{ mmol}/30 \text{ mL})$	10 mL 0,30 M $\text{H}_2\text{O}_2$ dengan total volum campuran reaksi 30 mL = 0,10M	mengandung 0,075 M HCl	27°C	larutan	Tanpa katalis	t = 14,88 s LR bentuk $\text{I}_2 = (0,25 \text{ mmol}/30)/14,88 = 1,12 \times 10^{-3}$	Suhu dan konsentrasi reaktan lain tetap, tanpa katalis
		10 mL 0,25 M $\text{H}_2\text{O}_2$ dengan total volum campuran reaksi 30 mL = 0,0833 M					t = 17,78 s LR = $0,94 \times 10^{-3}$	
		10 mL 0,2 M $\text{H}_2\text{O}_2$ dengan total volum campuran reaksi 30 mL = 0,0667 M					t = 22,51 s LR = $0,74 \times 10^{-3}$	
		10 mL 0,15 M $\text{H}_2\text{O}_2$ dengan total volum campuran reaksi 30 mL = 0,05 M					t = 30,21 s LR = $0,55 \times 10^{-3}$	
		10 mL 0,1 M $\text{H}_2\text{O}_2$ dengan total volum campuran reaksi 30 mL = 0,0333 M					t = 43,88 s LR = $0,38 \times 10^{-3}$	
		$2\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq}) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{O}_2(\text{g})$	1,0 M $2\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq})$	27°C	larutan	Tanpa katalis	<	Suhu dan konsentrasi tetap
		1,0 M $2\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq})$	27°C	+ katalis $\text{FeCl}_2(\text{aq})$			>	
		1,0 M $2\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq})$	27°C	+ katalis $\text{MnO}_2(\text{s})$			>	

Rangkuman hasil pengolahan data dalam Tabel 3.1.2.1b memberi interpretasi bahwa peningkatan luas permukaan, suhu, dan konsentrasi reaktan, serta kehadiran katalis mempercepat laju reaksi. 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 dalam lembar kerja. Berikut hanya disajikan pembahasan sebagai perwujudan dialog tersebut.

### Luas Permukaan

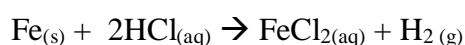
Seperti kajian pembelajaran sesi pertemuan sebelumnya bahwa semakin luas permukaan sentuh (tempat tumbukan terjadi) akan menambah terjadinya tumbukan antarpartikel reaktan. Pemecahan kayu menjadi serpihan-serpihan (menjadi bagian yang lebih kecil) yang lebih kecil akan menambah luas permukaan kayu. Perluasan permukaan sentuh memperbesar jumlah tumbukan antar partikel reaktan. Dengan demikian hasil eksperimen bahwa serpihan-serpihan kayu yang terbakar lebih cepat membenarkan teori bahwa penambahan luas permukaan reaktan akan mempercepat laju reaksi.

Pengaruh luas permukaan bidang sentuh terhadap laju reaksi dapat diamati dari



reaksi yang melibatkan pereaksi dalam bentuk padatan. Untuk sistem reaksi homogen dalam fase gas maupun larutan cair, partikel-partikel reaktan sudah dalam bentuk atom, molekul, dan/atau ion (molekuler) yang terdistribusi merata. Dengan demikian pengaruh luas permukaan terhadap laju reaksi tidak akan terjadi pada sistem reaksi yang homogen (larutan cair dan/atau gas).

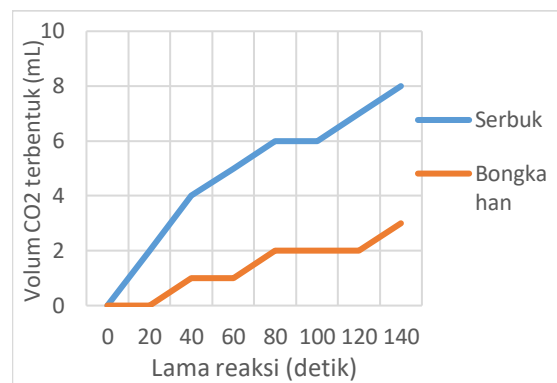
Bukti hasil percobaan lain laju reaksi antara larutan 2 M HCl dengan batu kapur atau besi dalam bentuk serbuk lebih cepat dari laju reaksi dalam bentuk batangan besi atau bongkahan batu kapur untuk massa yang sama. Reaksi antara besi dengan larutan HCl menghasilkan gas H<sub>2</sub>, sedangkan reaksi antara batu kapur dan HCl menghasilkan gas karbondioksida. Reaksi pembentukan gas ditandai dengan munculnya gelembung-gelembung gas. Adapun reaksi yang terjadi sebagai berikut.



Perbedaan laju dapat diamati dari kecepatan pembentukan gelembung-gelembung gas CO<sub>2</sub>, yakni waktu yang diperlukan sampai sejumlah volume tertentu gas CO<sub>2</sub> terbentuk dalam tabung penampung.

Tabel 3.1.2.2. Volum (mL) gas CO<sub>2</sub> terbentuk dalam interval waktu

No	Lama reaksi (detik)	50 ml 1,0 M HCL	
		+ 1 gr CaCO <sub>3</sub> serbuk	+ 1 gr CaCO <sub>3</sub> 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



Gambar b1. Laju pembentukan gas CO<sub>2</sub> dari serbuk dan bongkahan batu kapur

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

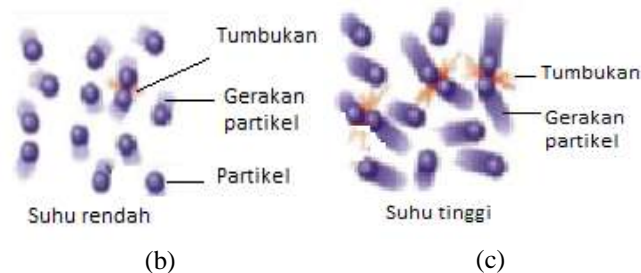
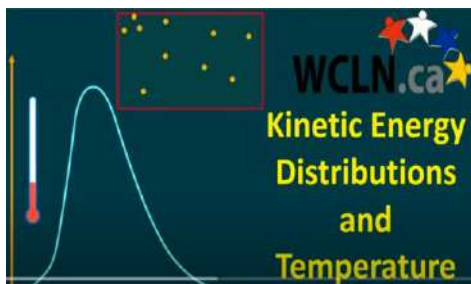
No	Bentuk besi (0,5 gram)	Waktu (s) balon karet mulai berdiri
1	batangan besi (paku)	34
2	serbuk besi	7

Berdasarkan data dalam Tabel 3.1.2.2, dapat dilihat bahwa laju reaksi serbuk besi lebih cepat dari laju reaksi batangan paku. Besi berbentuk serbuk memiliki ukuran butir-butir yang lebih kecil dibandingkan besi berbentuk batangan (paku). Atau secara kualitatif cepat jumlah gelembung yang muncul berkaitan dengan kecepatan reaksi yang terjadi. Hal tersebut menunjukkan bahwa reaksi besi berbentuk serbuk berlangsung lebih cepat dibandingkan bentuk batangnya.

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). Perbedaan laju reaksi akibat perbedaan ukuran partikel-partikel zat padat reaktan tersebut menunjukkan bahwa semakin kecil ukuran partikel-partikel zat padat) dari suatu zat reaktan, maka luas permukaan bidang sentuh reaksi zat tersebut 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.

### Temperatur

Data hasil percobaan yang dilakukan menunjukkan bahwa laju reaksi semakin besar seiring naiknya temperatur. Hasil demikian sejalan konsepsi awal dalam paragraaf fenomena dan penjelasan dalam berbagai sumber pustaka sebagai berikut. Peningkatan frekuensi tumbukan efektif antarpartikel reaktan pada suhu berbeda yang menghasilkan reaksi diilustrasikan dalam video animasi (Gmabr b2a) dan Gambar b2b dan b2c.



Gambar b2. (a) Jumlah partikel dengan  $E_A$  (<https://youtu.be/xaXDARPYxyQ>)

(b) Frekuensi tumbukan partikel-partikel reaktan pada suhu tinggi dan (c) Frekuensi tumbukan partikel-partikel reaktan pada suhu

pada gambar b dan c menunjukkan kecepatan partikel. Perbedaan yang dapat diamati dari kedua gambar (a, b dan c) tersebut adalah (1) suatu zat dengan temperatur tinggi memiliki gerakan partikel-partikel suatu yang lebih cepat (jumlah partikel dengan  $E_A$  lebih banyak) dibandingkan zat tersebut dengan suhu rendah, dan (2) tambahan kecepatan partikel juga menyebabkan frekuensi terjadinya tumbukan pada suatu zat dengan suhu tinggi lebih banyak dibandingkan pada suatu zat dengan temperatur rendah.

Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa temperatur zat berhubungan dengan perbedaan fraksi tumbukan efektif. 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 pergerakan 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.

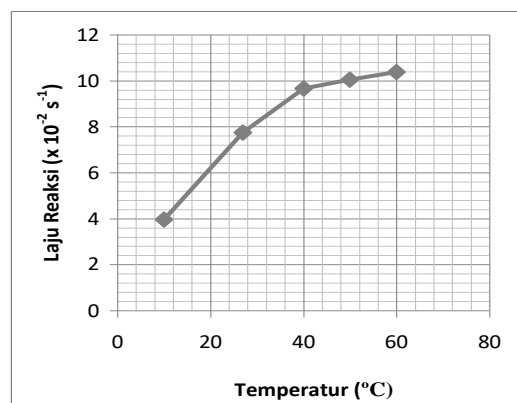
Peningkatan suhu reaksi yang menyebabkan laju reaksi meningkat dibenarkan dari hasil percobaan. Laju reaksi antara larutan tiosulfat dengan larutan HCl (dengan pengamatan lama waktu tanda silang di balik campuran reaksi tidak terlihat lagi) lebih cepat terjadi pada suhu yang lebih tinggi. Percobaan dua variasi suhu ( $27^\circ\text{C}$  dan  $37^\circ\text{C}$ ) dilakukan dalam 50 mL volum larutan yang mengandung 0,075 M natrium tiopsulfat dan 0,075 HCl mendapatkan lama waktu hingga tanda silang hilang adalah 45 detik untuk  $37^\circ\text{C}$  dan 1 menit 17 detik untuk suhu  $27^\circ\text{C}$ . Laju reaksi terjadi lebih cepat dalam suhu yang lebih tinggi. Hasil percobaan yang lebih teliti diperoleh dari sumber lain dengan kuantitas terukur lebih jelas untuk reaksi antara logam Zn dengan larutan HCl 1 M pada untuk lima variasi suhu. Reaksi antara logam Zn dengan larutan HCl menghasilkan gas  $\text{H}_2$  yang ditandai dengan munculnya gelembung-gelembung gas dan jumlah gas yang terbentuk dalam waktu tertentu dapat diukur. Adapun reaksi yang terjadi sebagai berikut:



Percobaan dilakukan dengan variasi temperatur sampel  $10^\circ\text{C}$ ,  $27^\circ\text{C}$ ,  $40^\circ\text{C}$ ,  $50^\circ\text{C}$ , dan  $60^\circ\text{C}$ . Perbedaan laju dapat diamati dari kecepatan pembentukan gelembung-gelembung gas  $\text{H}_2$ , yakni waktu yang diperlukan sampai sejumlah volum tertentu gas  $\text{H}_2$  terbentuk (Tabel 3.1.2.3).

Tabel 3.1.2.3 Waktu terbentuknya gas H<sub>2</sub> dengan volum tertentu (membuat balon yang sama mulai berdiri)

No	Temperatur (°C)	Waktu (s)	Laju Reaksi (s <sup>-1</sup> )
1	10°C	25,27	3,96 x 10 <sup>-2</sup>
2	27°C	12,92	7,74 x 10 <sup>-2</sup>
3	40°C	10,35	9,66 x 10 <sup>-2</sup>
4	50°C	9,95	10,05 x 10 <sup>-2</sup>
5	60°C	9,64	10,37 x 10 <sup>-2</sup>

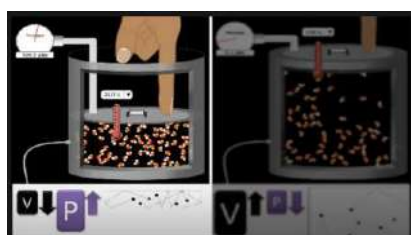


Gambar b3. Laju reaksi terbentuknya H<sub>2</sub> pada temperatur bervariasi

Pada suhu yang lebih tinggi partikel-partikel reaktan ion S<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>2-</sup> dan ion H<sup>+</sup> dalam reaksi antara tiosulfat dengan HCl maupun ion-ion H<sup>+</sup> dari larutan HCl dalam reaksinya dengan logam besi bergerak lebih cepat pada suhu yang lebih tinggi. Banyak partikel dalam suhu yang rendah memiliki energi kinetik lebih kecil dari energi aktivasi dan tumbukannya tidak menghasilkan reaksi. Peningkatan suhu meningkatkan gerakan partikel-partikel tersebut. Semakin tinggi peningkatan suhu semakin banyak partikel-partikel tersebut yang mengalami peningkatan energi kinetik yang melampaui E<sub>a</sub> (diilustrasikan oleh video Gambar b2a) dan peningkatan fraksi partikel dengan tumbukan efektif diilustrasikan oleh Gambar b2c terhadap Gambar b2b. Peningkatan fraksi jumlah partikel yang memiliki E<sub>k</sub> > E<sub>a</sub> itulah yang menyebabkan reaksi semakin cepat dengan peningkatan suhu reaksi.

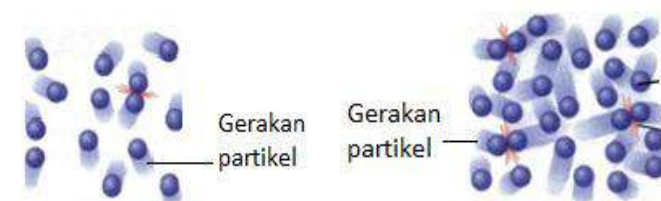
**Konsentrasi**

Jumlah partikel sebanding dengan kerapatan antarpartikel yang ditunjukkan oleh konsentrasi zat. Sistem reaksi berfase gas khususnya, peningkatan konsentrasi bisa didapat dengan memperbesar tekanan pada suhu tetap. Partikel-partikel suatu reaktan dalam larutan tidaklah diam, melainkan selalu bergerak. Meskipun suhu tetap, jumlah partikel yang semakin banyak atau jarak antarpartikel yang semakin rapat (dekat) per satuan volum mengakibatkan frekuensi terjadinya tumbukan semakin banyak. Frekuensi tumbukan merupakan banyaknya tumbukan yang terjadi per satuan waktu. Dalam konsentrasi reaktan yang lebih besar, laju reaksi semakin cepat terjadi karena frekuensi tumbukan yang menghasilkan reaksi kimia semakin besar.



<https://youtu.be/dSEIVEI2-cw>

(a)



Konsentrasi rendah

(b)

Konsentrasi tinggi

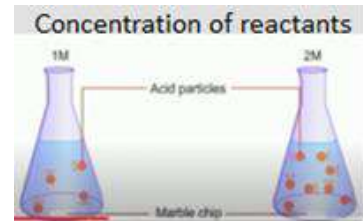
(c)

**Gambar b3.** Pengaruh konsentrasi terhadap laju reaksi

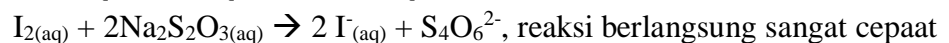
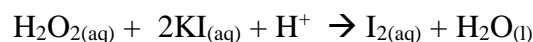
Gambar b3(b) menunjukkan partikel-partikel suatu zat reaktan pada konsentrasi rendah, sedangkan gambar (c) merupakan partikel-partikel zat tersebut pada konsentrasi



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 antarpartikel 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 suatu zat dengan konsentrasi yang lebih rendah. Peningkatan frekuensi tumbukan per satuan volum hanya dikontribusi oleh kerapatan partikel membesar yang tidak melibatkan peningkatan jumlah partikel dengan  $E_A$  yang meningkat seperti pada pengaruh suhu.

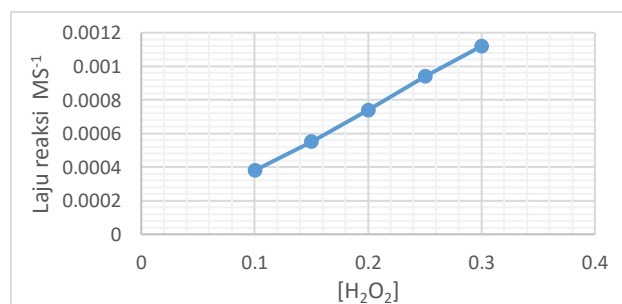


Eksperimen pengaruh konsentrasi terhadap laju reaksi untuk reaksi antara larutan KI dan Larutan  $H_2O_2$  dalam suasana asam membentuk larutan  $I_2$ . Reaksi yang dilibatkan sebagai berikut.



Dengan menghadirkan sejumlah tertentu larutan natrium tiosulfat sebagai pembatas pengukuran sejumlah produk  $I_2$  yang sudah terbentuk (misalnya 5 mmol = 5 mL 0,10 M  $Na_2S_2O_3$  untuk setiap reaksi simple) sebagai kuantitas pembataas (< mmol  $I_2$  yang terbentuk) dan indikator amilum (ketika muncul warna biru yang konsisten) menunjukkan sejumlah  $I_2$  (misalnya 2,5 mmol  $I_2$  per volum saat warna biru tercapai ekuivalen dengan 5 mmol  $Na_2S_2O_3$ ). Laju untuk pembentukan sejumlah produk  $I_2$  adalah setengah dari mmol  $Na_2S_2O_3$  per volum larutan campuran saat reaksi mencapai warna biru tersebut. Tabel (Tabel 3.1.1.5) menyajikan variasi laju reaksi tersebut pada konsentrasi  $H_2O_2$  yang bervariasi.

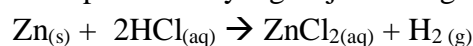
No	$[H_2O_2]$	Waktu (s)	Laju Reaksi ( $MS^{-1}$ )
1	0,10 M	43,88	$0,38 \times 10^{-3}$
2	0,15 M	30,21	$0,55 \times 10^{-3}$
3	0,20 M	22,51	$0,74 \times 10^{-3}$
4	0,25 M	17,78	$0,94 \times 10^{-3}$
5	0,30 M	14,88	$1,12 \times 10^{-3}$



**Gambar b4.** Laju reaksi terhadap variasi  $[H_2O_2]$

Data dalam Tabel Tabel 3.1.1.4 dan grafik Gambar b4 menunjukkan semakin tinggi konsentrasi reaktan  $H_2O_2$  laju reaksi semakin cepat.

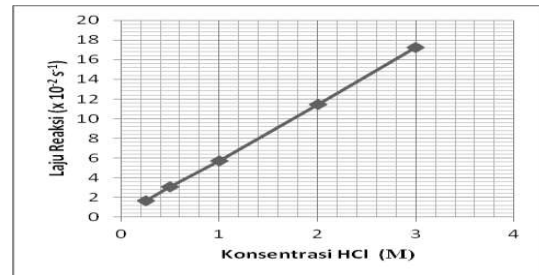
Contoh eksperimen lain pengaruh konsentrasi dari sumber pustaka menggunakan reaksi antara logam seng dengan massa yang sama dan larutan HCl dengan konsentrasi HCl yang bervariasi yakni 0,25 M; 0,5 M; 1 M; 2 M; dan 3 M. Reaksi antara logam Zn dengan larutan HCl menghasilkan gas  $H_2$  yang ditandai dengan 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. Pembentukan gas  $H_2$  dengan volum tertentu dan harga kebalikan waktu ( $s^{-1}$ ) yang mempresentasikan laju reaksinya disajikan dalam bentuk Tabel (3.1.1.5) dan grafik Gambar b4.

Tabel 3.1.2.5 Lama pembentukan gas  $H_2$  dengan volum tertentu

No	[HCl]	Waktu (s)	Laju reaksi ( $S^{-1}$ )
1	0,25 M	59,88	$1,67 \times 10^{-2}$
2	0,50 M	32,47	$3,08 \times 10^{-2}$
3	1,00 M	17,51	$5,71 \times 10^{-2}$
4	2,00 M	8,73	$11,45 \times 10^{-2}$
5	3,00 M	5,80	$17,25 \times 10^{-2}$



Gambar b5. Laju Reaksi terhadap variasi konsentrasi HCl

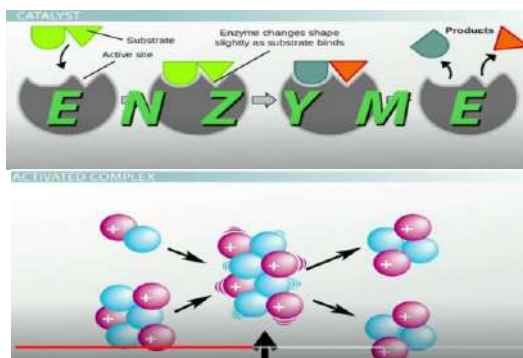
Data dalam Tabel 3.1.2.5 dan grafik Gambar b5 menunjukkan semakin tinggi konsentrasi reaktan HCl laju reaksi semakin cepat.

Hasil kedua eksperimen untuk kedua sampel jenis (Gambar b4 dan b5) membenarkan bahwa semakin tinggi konsentrasi zat pereaksi maka laju reaksi semakin cepat. Jumlah tumbukan antarpartikel reaktan yang menghasilkan reaksi lebih banyak adalah reaktan dengan konsentrasi lebih besar dibanding dengan reaktan dengan konsentrasi yang lebih kecil.

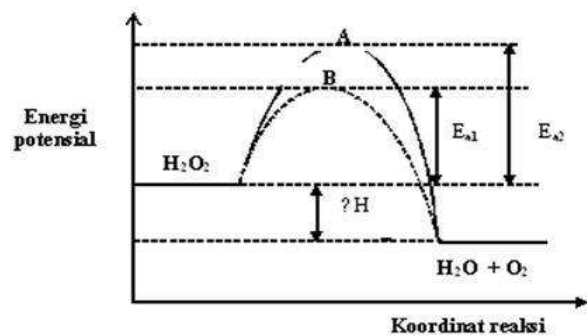
**Katalis**

Katalis terlibat dalam menurunkan energi pengaktifan (aktivasi) melalui pembentukan kompleks teraktivasi dalam mempercepat reaksi. Katalis terbentuk kembali ketika pembentukan produk. Gambar b5 mengilustrasikan secara umum katalis menurunkan energi pengaktifan melalui pembentukan spesi kompleks teraktivasi.

Grafik b6 menunjukkan pembentukan spesi kompleks teraktivasi dengan adanya katalis. Gambar b6 grafik A menunjukkan jalan atau jejak reaksi (*parthway*) reaksi tanpa adanya penambahan katalis dengan energi pengaktifan lebih tinggi dibandingkan energi pengaktifan dari grafik B dengan kehadiran katalis. Tingginya energi pengaktifan yang dimiliki oleh reaksi tanpa menggunakan katalis menyebabkan energi kinetik dari



(a) Pembentukan molekul kompleks teraktivasi dengan katalis <https://youtu.be/dcbWDPO4ghY>

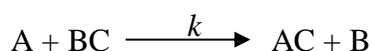


(b) Grafik energi aktivasi reaksi dengan dan tanpa katalis (A tanpa katalis dengan energi aktivasi tinggi) dan (B energi aktivasi lebih rendah dengan katalis)

**Gambar b6.** Pengaruh katalis terhadap laju reaksi

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. Sementara grafik B menggambarkan reaksi yang dikatalisis. Hal tersebut dapat dilihat dari energi pengaktifan yang ditunjukkan oleh grafik B lebih rendah dibandingkan energi pengaktifan dari grafik A. Lebih rendahnya energi pengaktifan yang disyaratkan oleh suatu reaksi agar energi kinetik untuk melampaui energi pengaktifan untuk menghasilkan reaksi lebih mudah. Produk akan lebih mudah terbentuk dan reaksi dengan bantuan katalis akan berlangsung lebih cepat. Dengan kata lain, katalis akan mempercepat laju reaksi melalui penurunan energi pengaktifan oleh katalis.

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).



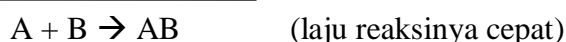
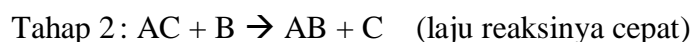
Berdasarkan definisi katalis,  $\text{laju}_{\text{berkatalis}} > \text{laju}_{\text{takberkatalis}}$

Grafik (Gambar b6 grafik A dan grafik B) 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 (kompleks teraktivasi memiliki energi potensial berbeda dengan reaktan). Tambahan terjadinya tahap reaksi pembentukan kompleks teraktivasi yang energi potensialnya rendah menyebabkan reaksi bertambah cepat, karena kehadiran kompleks teraktivasi sebagai bentuk intermediat yang tidak stabil (energi potensial rendah). Dalam suatu reaksi kimia, katalis ikut terlibat dalam reaksi, namun partikel katalis akan terbentuk kembali setelah produk terbentuk dan tidak mengalami penambahan (tidak berkurang). 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 Homogen

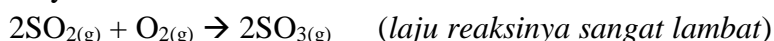
Katalis homogen adalah katalis yang mempunyai fase yang sama dengan reaktan yang dikatalisisnya, biasanya dalam fase cairan. Cara kerja katalis homogen dalam mempercepat laju reaksi adalah membentuk zat antara. Misalnya reaksi  $A + B \rightarrow AB$  terjadi sangat lambat. Kehadiran katalis (C) dapat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

tahapan reaksi sebagai berikut.

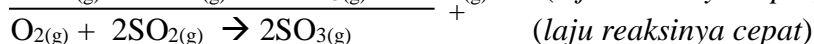
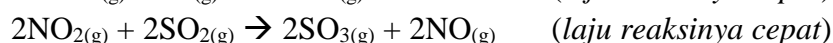


AC merupakan zat antara (intermediat).

Contoh reaksi yang melibatkan senyawa antara adalah reaksi fase gas antara gas  $\text{SO}_2$  dan gas  $\text{O}_2$  membentuk gas  $\text{SO}_3$  dalam industri yang menggunakan katalisator gas NO. Tahapan reaksinya:



Mekanisme reaksi menggunakan katalisator gas NO:



$\text{NO}_2$  merupakan senyawa antara dan pada akhir reaksi katalisator gas NO terbentuk kembali.

Katalis heterogen merupakan katalis yang memiliki fase berbeda dengan reaktan yang dikatalisis. Biasanya katalis berupa padatan dan reaktan berwujud gas atau cairan. Cara kerja katalis heterogen diawali proses adsorpsi. Dalam hal ini, katalisator yang berwujud padat 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 dan 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.

Hasil percobaan pengaruh katalis terhadap laju reaksi untuk contoh reaksi dekomposisi larutan  $\text{H}_2\text{O}_2$  dengan dan tanpa penambahan  $\text{MnO}_2$ . Reaksi ini menghasilkan gas  $\text{O}_2$  yang ditandai dengan munculnya gelembung-gelembung gas. Persamaan reaksi dekomposisi hidrogen peroksida adalah

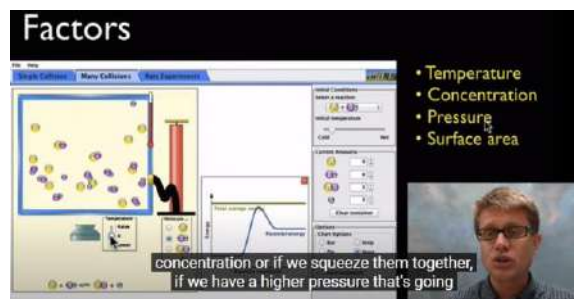


Banyaknya gelembung gas yang terbentuk dalam selang waktu tertentu laju reaksi tersebut. Data hasil percobaan penguraian larutan  $\text{H}_2\text{O}_2$  dengan dan tanpa kehadiran  $\text{MnO}_2$  disajikan dalam Tabel 3.1.2.6. Massa  $\text{MnO}_2$  atau ion  $\text{Fe}^{2+}$  tidak berkurang setelah reaksi selesai.

Tabel 3.1.2.6. Laju pembentukan gas  $\text{O}_2$  yang terjadi

No	Larutan	Pengamatan	Keterangan
1	$\text{H}_2\text{O}_2 + \text{MnO}_2$	banyak gelembung (cepat)	dengan penambahan $\text{MnO}_2$
2	$\text{H}_2\text{O}_2 + \text{Fe}^{2+}$	banyak gelembung (cepat)	dengan penambahan $\text{Fe}^{2+}$
3	$\text{H}_2\text{O}_2$	sedikit gelembung (lambat)	tanpa penambahan $\text{MnO}_2$ atau ion $\text{Fe}^{2+}$

Berdasarkan data di atas, dapat dilihat bahwa jumlah gelembung gas (O<sub>2</sub>) yang muncul pada dekomposisi H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dengan penambahan MnO<sub>2</sub> (larutan 1) lebih banyak dibandingkan dekomposisi H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> tanpa penambahan MnO<sub>2</sub> (larutan 2). Hal tersebut menunjukkan bahwa dekomposisi H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dengan penambahan MnO<sub>2</sub> berlangsung lebih cepat dibandingkan dekomposisi H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> tanpa penambahan MnO<sub>2</sub>. Dalam larutan 1, MnO<sub>2</sub> mempercepat laju reaksi tanpa mengalami perubahan pengurangan massa ketika reaksi selesai. Dengan demikian, penambahan MnO<sub>2</sub> dalam reaksi penguraian H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> berfungsi sebagai katalis yang mempercepat laju reaksi. Dalam konteks katalis berfase padat, umumnya reaktan bertumbukan dengan katalis yang sempat menempel pada permukaan katalis (dapat bergerak dan berpropagasi/penataan struktur elektroniknya yang memfasilitasi percepatan reaksi ke arah produk). Dengan demikian penempelan (agregasi) atau pembentukan kompleks teraktifasi sementara parikel reaktan pada katalis (spesi intermediat) dapat menurunkan energi pengaktifan reaksi tersebut. Sampel eksperimen pengaruh katalis terhadap laju reaksi antara larutan tiosulfat dengan larutan Fe(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> dengan katalis larutan FeSO<sub>4</sub> atau CoCl<sub>2</sub> atau larutan CuSO<sub>4</sub>.

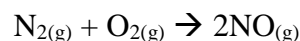


<https://youtu.be/6mAqX31RRJU>



[https://youtu.be/chNcfHX\\_CaI](https://youtu.be/chNcfHX_CaI)

Banyak contoh laju reaksi lain yang dipercepat oleh katalis yang bisa tidak sesuai keinginan (tidak diperlukan) atau bisa sesuai keinginan (diperlukan). 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. 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 NO<sub>2</sub>. Nitrogen dioksida dan gas lain yang dikeluarkan oleh mesin mobil, seperti karbonmonoksida (CO) dan berbagai hidrokarbon yang tidak terbakar menjadikan 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 NO<sub>2</sub> menjadi CO<sub>2</sub> serta N<sub>2</sub> dan O<sub>2</sub> yang tidak berbahaya bagi lingkungan.

Hasil eksperimen keseluruhan membenarkan teori keempat faktor yang memengaruhi laju reaksi dengan konsepsi ilmiah sebagai berikut. Semakin besar konsentrasi, suhu, dan luas permukaan reaktan (semakin banyak tumbukan efektif

partikel reaktan per satuan volum) serta dengan kehadiran katalis (membentuk kompleks teraktivasi intermediat dengan  $E_a$  menurun) menyebabkan laju reaksi semakin cepat. Hasil eksperimen membenarkan rumusan hipotesis yang dirumuskan secara deduktif.

### c. Tugas *micro learning* deduktif faktor memengaruhi laju reaksi

- i. Tugas kelompok/perorangan: rangkuman kegiatan isian lembar kerja 5M deduktif sebagai tugas kelompok pasca-pembelajaran.

1). Isian kegiatan 5M dalam *worksheet*

- 2a). Buat rangkuman jenis pengetahuan dan keterkaitannya dalam bentuk isian tabel jenis pengetahuan faktual, prosedural, konseptual, dan metakognitif serta keterkaitannya dalam konstruksi konsepsi ilmiah (= pengetahuan konseptual sebab-akibat) yang disasar serta konsistensi variabel-variabel pembuktian hipotesis berikut.

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

- b. Buat rangkuman deskriptif untuk kegiatan 5M ilmiah deduktif

Rangkuman kegiatan *micro learning* deduktif mengikuti siklus belajar 5M sebagai berikut (deskripsi ringkas tujuan, hasil kegiatan setiap fase 5M ilmiah untuk mencapainya, dan rasional/kesesuaian temuan dengan kajian pustaka).

-----  
 -----  
 -----

- ii. Tugas perorangan: pemahaman dan pengayaan konsepsi ilmiah yang disasar.

Identifikasi dan jawab soal-soal penguasaan konsep dan soal-soal pengayaan konsep (tentang konsep faktor yang memengaruhi laju reaksi) yang ada dalam di dalam chapter (*sample problem* dan *follow up problem*) maupun pada akhir dalam Chapter 16 dalam buku sumber “Silberberg, M.S. (2010), Principle of General Chemistry. Second Edition New York: The McGraw-Hill Companies, Inc. atau sumber lain. Tes formatif dikerjakan untuk refleksi capaian kognitif *micro learning* faktor yang memengaruhi laju reaksi.

### Referensi

1. Silberberg, M.S. (2010). Principle of General Chemistry. Second Edition (atau edisi yang lebih baru). New York: The McGraw-Hill Companies, Inc.
2. Brady, J.E., (1990). *General Chemistry: Principle and Structure*. New York: John Wiley & Son.
3. Chand, R., (2002). Chemistry. Seventh Edition, Boston: McGraw-Hill Companies, Inc.
4. Sumber internet lainnya untuk kajian laju reaksi.

**C. Tes Formatif Faktor yang Mempengaruhi Laju Reaksi**

**TES FORMATIF MICRO LEARNING FATOR YANG MEMENGARUHI LAJUR REASKSI**

Soal pilihan dapat diprogramkan secara efektif dan efisien melalui daring

**Pilih satu jawaban yang paling benar dan lengkap!**

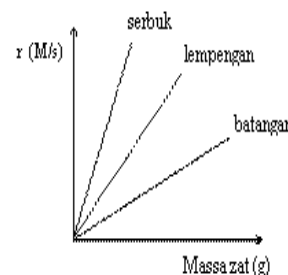
1. Sejumlah percobaan antara logam Zn<sub>(s)</sub> dan larutan HCl dengan data sebagai berikut.

No	[HCl]	Waktu (s)
1	0,25 M	59,88
2	0,50 M	32,47
3	1,00 M	17,51
4	2,00 M	8,73
5	3,00 M	5,80

Pernyataan berikut yang benar untuk eksperimen itu adalah ....

- A. Membuktikan hipotesis “makin besar luas permukaan laju reaksi makin cepat”
  - B. Membuktikan hipotesis “makin besar konsentrasi reaktan laju reaksi makin cepat”
  - C. Variabel bebas berupa waktu reaksi
  - D. Variabel terikat berupa konsentrasi
  - E. Jawaban b dan d benar
2. Dalam percobaan penentuan laju reaksi antara logam seng an larutan asam klorida (HCl) dilakukan rancangan percobaan dalam tabel dan mendapatkan data dalam grafik di sebelah kanan.

Percobaan	Suhu	[HCl]	Logam seng
1	25°C	1,0 M	lempengan
2	25°C	0,5 M	lempengan
3	25°C	1,0 M	serbuk
4	40°C	0,5 M	serbuk



Dari rancangan percobaan di atas, percobaan yang dapat dilakukan untuk menentukan pengaruh luas permukaan terhadap laju reaksi adalah...

- A. percobaan 1 dan 2
  - B. percobaan 1 dan 3
  - C. percobaan 2 dan 3
  - D. percobaan 2 dan 4
  - E. percobaan 3 dan 4
3. Perhatikan grafik hubungan antara laju reaksi (r) dalam Molar per detik (atau M/s) terhadap massa zat (g) di samping. Grafik di atas menggambarkan laju reaksi antara massa awal logam besi yang sama dalam berbagai bentuk (serbuk, lempengan dan batangan) yang bereaksi dengan larutan HCl 6 M pada suhu tertentu. Berdasarkan grafik tersebut, dapat disimpulkan bahwa perbedaan laju reaksi dipengaruhi oleh....
- A. konsentrasi
  - B. temperatur
  - C. tekanan
  - D. katalis
  - E. luas permukaan

4. Reaksi dekomposisi  $\text{H}_2\text{O}_2$  terjadi pada suhu  $60^\circ\text{C}$  menghasilkan gas  $\text{O}_2$  dan air. Reaksi ditandai oleh munculnya gelembung-gelembung gas. Gas terbentuk lebih banyak melalui kehadiran serbuk batu kawi ( $\text{MnO}_2$ ) dan setelah reaksi selesai massa batu kawi tidak berkurang. Berdasarkan uraian di atas, dapat dibuat hipotesis yang menyatakan bahwa pada konsentrasi  $\text{H}_2\text{O}_2$  yang sama,...
- penambahan serbuk  $\text{MnO}_2$  yang melepaskan oksigen dan bukan sebagai katalis yang menyebabkan gas oksigen yang terbentuk lebih banyak
  - peningkatan laju reaksi hanya disebabkan oleh peningkatan suhu dan tidak disebabkan oleh penambahan serbuk  $\text{MnO}_2$
  - karena tidak mengalami pengurangan massa, serbuk  $\text{MnO}_2$  yang ditambahkan tidak terlibat dalam reaksi dekomposisi  $\text{H}_2\text{O}_2$
  - penambahan serbuk  $\text{MnO}_2$  terlibat dalam reaksi sebagai katalis yang mempercepat dekomposisi  $\text{H}_2\text{O}_2$  menghasilkan gas  $\text{O}_2$ ,  $\text{MnO}_2$  terbentuk kembali bersamaan dengan terbentuknya gas  $\text{O}_2$ .
  - pada suhu  $60^\circ\text{C}$  jumlah gelembung-gelembung gas  $\text{O}_2$  yang dihasilkan per satuan waktu adalah sama meskipun ada kehadiran serbuk  $\text{MnO}_2$
5. Untuk mempelajari pengaruh temperatur terhadap laju reaksi  $\text{A} + \text{B} \rightarrow \text{C}$  dilakukan beberapa kali percobaan dengan konsentrasi awal setiap reaktan (zat A maupun Zat B) adalah 1 M. Dari percobaan tersebut diperoleh data sebagai berikut.

Percobaan	T ( $^\circ\text{C}$ )	waktu terbentuknya C (menit)
I	25	2,5
II	35	2
III	45	1,5
IV	65	1
V	75	0,5

Berdasarkan data di atas, dapat disimpulkan bahwa....

- pada konsentrasi A yang sama, laju reaksinya meningkat
  - semakin tinggi temperatur, laju reaksi semakin cepat
  - semakin tinggi temperatur, laju reaksi semakin lambat
  - laju reaksi tidak bergantung konsentrasi
  - pada konsentrasi A maupun B yang tetap, laju reaksi bertambah.
6. Suatu enzim mempercepat reaksi-reaksi kimia dalam tubuh makhluk hidup. Berikut merupakan pernyataan yang benar tentang enzim adalah ....
- Enzim dapat menambah konsentrasi pereaksi dalam tubuh
  - Enzim hanya dapat bereaksi dengan semua substrat
  - Enzim dapat meningkatkan energi pengaktifan pembentukan produk
  - Enzim dapat menurunkan energi pengaktifan pembentukan produk
  - Enzim akan habis bereaksi dengan substrat menghasilkan produk



7. Beberapa percobaan variasi konsentrasi reaktan dilakukan untuk reaksi  $A + B \rightarrow C$ . Percobaan dilakukan pada temperatur 298K. Data yang diperoleh disajikan pada tabel berikut.

Percobaan	[A] (molar)	[B] (molar)	Waktu terbentuknya zat C (detik)
I	0,1	0,1	120
II	0,1	0,2	90
III	0,1	0,3	70
IV	0,2	0,1	120
V	0,3	0,1	120

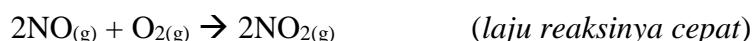
Berdasarkan data tersebut, dapat disimpulkan bahwa....

- A. pada temperatur yang sama, laju reaksinya meningkat
  - B. peningkatan konsentrasi zat A menyebabkan penurunan laju reaksi
  - C. peningkatan konsentrasi zat A menyebabkan peningkatan laju reaksi
  - D. peningkatan konsentrasi zat B tidak memengaruhi laju reaksi
  - E. peningkatan konsentrasi zat B menyebabkan peningkatan laju reaksi
8. Amoniak merupakan zat kimia yang disintesis dari gas  $N_2$  dan  $H_2$  dengan reaksi sebagai berikut:  $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightarrow 2NH_{3(g)}$ . Berikut adalah data laju reaksi pembentukan amoniak.

Percobaan	T (°C)	Keterangan	Waktu pembentukan produk (menit)	Jumlah produk (M)
I	25	Tanpa logam besi	60	0,05
II	75	Tanpa logam besi	45	0,05
III	25	Penambahan logam besi	30	0,05
IV	75	Penambahan logam besi	15	0,05

Dari data di atas dapat disimpulkan bahwa...

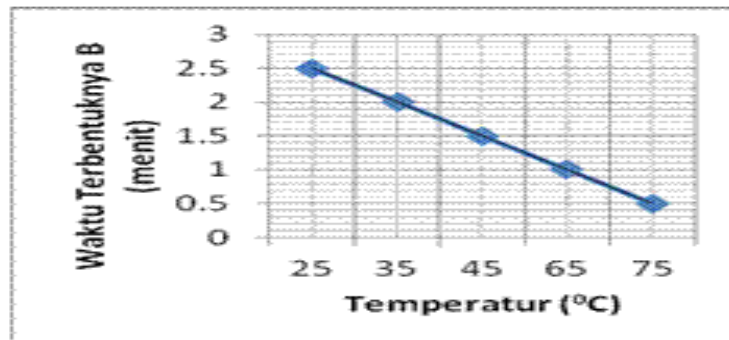
- A. Penambahan konsentrasi reaktan mempercepat laju reaksi
  - B. Peningkatan temperatur tidak memengaruhi laju reaksi
  - C. Penambahan logam besi dan temperatur mempercepat laju reaksi
  - D. Penambahan logam besi dan temperatur memperlambat laju reaksi
  - E. Penambahan logam besi tidak memengaruhi laju reaksi.
9. Diketahui mekanisme reaksi fase gas antara gas  $SO_2$  dengan gas  $O_2$  membentuk gas  $SO_3$  menggunakan katalis homogen gas  $NO_2$  adalah:



Berdasarkan mekanisme tersebut, dapat dirumuskan bahwa katalis ...

- A. mempercepat reaksi dalam pembentukan  $SO_{3(g)}$
- B. memperlambat reaksi dengan membentuk senyawa antara (NO)
- C. mempercepat reaksi dengan pembentukan zat antara gas NO
- D. Jawaban a dan b benar
- E. Jawaban a dan c benar

10. Untuk menguji pengaruh temperatur terhadap laju reaksi penguraian  $A \rightarrow B$  dilakukan beberapa kali percobaan dengan konsentrasi awal A setiap percobaan adalah 1 M. Dari percobaan tersebut diperoleh grafik hubungan waktu terbentuknya zat B terhadap variasi temperatur sebagai berikut.



Grafik tersebut menunjukkan reaksi semakin cepat dengan meningkatnya temperatur. Pernyataan berikut yang benar tentang pengaruh temperatur terhadap laju reaksi ditinjau dari teori tumbukan adalah...

- A. Peningkatan temperatur menyebabkan energi potensial reaktan menurun sehingga reaksi berlangsung cepat
  - B. Peningkatan temperatur menyebabkan frekuensi tumbukan efektif semakin banyak dan waktu yang dibutuhkan semakin cepat
  - C. Peningkatan temperatur menyebabkan jarak antarpartikel reaktan A semakin rapat yang meningkatkan frekuensi tumbukan dan waktu dibutuhkan semakin cepat.
  - D. Peningkatan temperatur menyebabkan, tumbukan antarpartikel reaktan A terjadi dengan orientasi tumbukan yang sembarang
  - E. Peningkatan temperatur menyebabkan energi aktivasi reaksi menurun sehingga frekuensi tumbukan efektif semakin banyak.
11. Ibu Tuti menyimpan minyak *tandusan* dalam dua wadah terbuka yang berbeda, yaitu wadah botol kaca dan wadah dari logam, yaitu bekas kaleng biskuit. Setelah beberapa hari didiamkan, ternyata minyak *tandusan* yang disimpan dalam wadah logam lebih cepat tengik dibandingkan dengan minyak *tandusan* yang disimpan dalam wadah botol kaca. Pernyataan di bawah ini yang dapat menjelaskan fenomena tersebut adalah...
- A. Wadah botol kaca lebih bersih sehingga minyak menjadi tahan lama (tidak cepat tengik)
  - B. Logam mudah berkarat yang menyebabkan kontaminasi pada minyak sehingga minyak menjadi lebih cepat tengik
  - C. Wadah dari logam mudah menghantarkan panas sehingga minyak mengalami oksidasi, akibatnya minyak menjadi tengik
  - D. Logam berfungsi sebagai katalis yang dapat mempercepat laju reaksi oksidasi minyak sehingga minyak menjadi lebih cepat tengik
  - E. Minyak tidak membasahi kaca sehingga tidak mudah tengik.
12. Untuk mencegah pencemaran gas NO dan CO sebagai hasil pembakaran kendaraan bermotor, logam platina dipasang di dalam knalpot kendaraan bermotor. Dari informasi tersebut, pemanfaatan logam platina merupakan contoh penerapan pengaruh....
- A. konsentrasi
  - B. katalis
  - C. luas permukaan
  - A. tekanan
  - E. logam

