

MICRO LEARNING INDUKTIF

FAKTOR-FAKTOR MEMENGARUHI LAJU REAKSI

(SUBTOPIK SIFAT LAJU REAKSI)



Pengaruh luas permukaan



Pengaruh suhu



Pengaruh konsentrasi



Pengaruh katalis

NAMA :

KELAS :

NO. ABSEN :

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

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 air hangat. (iii) Paku besi atau seng lebih cepat habis (korosi) dalam larutan HCl yang lebih pekat. Reaksi antara 0,10 M HCl dengan natrium tiosulfat 0.135 M lebih cepat dibanding dengan natrium tiosulfat 0.075M. (iv) Penguraian larutan hidrogen peroksida (H_2O_2) menjadi gas oksigen 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



<https://youtu.be/BWN8xVuzuFI>



<https://youtu.be/oeM6hKm6Td4>



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



<https://youtu.be/kV0BqG0On9E>

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 H_2O_2 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).

1. Mengamati (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).

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

2. Menanya (M2)

Pertanyaan berupa peratanya 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 terdiri dari (terutama dalam bentuk sebuah kalimat pasif (akibat-sebab) untuk induktif 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
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).

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). 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.

Rancangan percobaan (pembuktian hipotesis)*

Variasi nilai VB (faktor)	Variasi nilai VT	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 ke samping.

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

Bahan		Alat	
Nama	Spesifikasi & kuantitas	Nama	Spesifikasi dan jumlah

e). Cara kerja pengumpulan data

1) Cara kerja mendapatkan data untuk pembuktian hipotesis 1 dengan 4 buah VB:

i) Pengaruh luas permukaan

-
-
-
-
-



https://drive.google.com/file/d/1s0qwQdW3AENpaJP1Xf2brL8pfqZDKsCh/view?usp=share_link
<https://youtu.be/BWN8xVuzuFI>

ii) Pengaruh suhu

-
-
-
-
-
-
-
-



https://drive.google.com/file/d/19cpc2OhLRWXGkYZHWbtMTCRu1zVFg91k/view?usp=share_link

iii) Pengaruh konsentrasi

-
-
-
-
-
-
-
-
-



https://drive.google.com/file/d/1hX7a0F0HhONPUX1D6iMZF98aSwljc7s1/view?usp=share_link

iv) Pengaruh katalis

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



https://drive.google.com/file/d/1suqHzwFP0fcRDV3RObJ1NbpQiOspEDb3/view?usp=share_link

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

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

Catatan, 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 memengaruhi laju reaksi pembentukan sejumlah tertentu produk gas CO_2 . Laju reaksi sebanding dengan harga $1/t$. Untuk membandingkan laju reaksi dapat dilakukan dengan membandingkan kebalikan dari lama waktu untuk menghasilkan molaritas produk yang sama seperti dalam tabel berikut.

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

4. Kegiatan mengasosiasi (M4) meliputi pengolahan, analisis data, dan membuat kesimpulan yang disertai konfirmasi penerimaan/penolakan hipotesis.

a). Pengolahan dan analisis data

-
-

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. Informasi materi konsepsi ilmiah tentang faktor memengaruhi 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 memengaruhi 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 akibat-sebab (induktif) atau 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 luas permukaan reaktan, serta dengan kehadiran katalis”.

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 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 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.

Tabel 3.1.1a 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 tumukan efektif per satuan volum), serta dengan kehadiran katalis (dengan penurunan energi aktivasi melalui pembentukan kompleks terkativasi 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 (CaCO_3)	50 mL 0,2 M HCl	27°C	<	Tanpa katalis		Konsentrasi dan suhu tetap tanpa katalis
		1 gram serbuk dari bahan sama (CaCO_3)		27°C	>			
	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3(\text{aq}) + \text{HCl}(\text{aq}) \rightarrow \text{S}(\text{s}) + \text{Na}_2\text{SO}_3(\text{aq})$ dg total volum campuran reaksi 50 mL	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				
		10 mL 0,30 M H_2O_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 $I_2 = (0,25 \text{ mmol}/30)$ dibagi t = ..	Suhu dan konsentrasi reaktan lain tetap, tanpankatalis
		10 mL 0,25 M H_2O_2 dengan total volum campuran reaksi 30 mL = 0,0833 M					t = ... LR= ...	
		10 mL 0,2 M H_2O_2 dengan total volum campuran reaksi 30 mL = 0,0667 M					t = ... LR= ..	
10 mL 0,15 M H_2O_2 dengan total volum campuran reaksi 30 mL = 0,05 M	t = ... LR= ...							
10 mL 0,1 M H_2O_2 dengan total volum campuran reaksi 30 mL = 0,0333 M	T= ... LR= ..							
$2\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq}) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{O}_2(\text{g})$	1,0 M $2\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq})$	27°C		Tanpa katalis		Suhu dan konsentrasi tetap		
	1,0 M $2\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq})$	27°C		+ katalis $\text{MnO}_2(\text{s})$				
	1,0 M $2\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq})$	27°C		+ katalis $\text{FeCl}_2(\text{aq})$				

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 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> 	<ul style="list-style-type: none"> logam atau batu kapur (CaCO_3) larutan 2M HCl natrium tiosulfat larutan KI larutan hidrogen peroksida 2M larutan $\text{FeCl}_{2(\text{aq})}$ atau $\text{MnO}_{2(\text{s})}$ sedikit larutan ditergen

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_2 dari 1 gram bongkahan batu kapur dan 1 gram serbuk batu kapur. Larutan HCl dalam setiap reaksi adalah 2 molar sebanyak 50 mL. Reaksi bisa dilakukan dengan menggunakan dua set rangkaian alat penampung dan pengukur gas CO_2 produk dari reaksi satu (a) untuk 1 gram bongkahan CaCO_3 dengan 50 ml 0,2 M HCl dan satu lagi (b) untuk 1 gram serbuk CaCO_3 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 yang sama. Misalnya, setiap sampel dengan variasi suhu yang berbeda melibatkan reaksi antara 25 mL 0,15M $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ditambah larutan aquades (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 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 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 H_2O_2 dan larutan KI, misalnya pengaruh konsentrasi larutan H_2O_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 H_2O_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 H_2O_2 larutan (ii) sesuai dengan variasi sampel. Konsentrasi setiap komponen reaksi dihitung ulang sesuai dengan total volume akhir campuran ketika warna biru tercapai. Laju reaksi pembentukan produk I_2 dapat dihitung adalah setengah dari mmol tiosulfat dibagi volume campuran dan waktu saat warna biru terjadi. Data sesuai dengan variasi sampel ditabelkan dan dibuat grafik laju reaksi konsentrasi H_2O_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 MnO_2 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 dan ditambah tiga tetes larutan ditergen. Pada waktu yang sama, tabung (i) ditambah MnO_2 (padatan sukar larut), tabung (ii) ditambah beberapa tetes larutan Fe^{2+} , dan tabung (iii) tidak tanpa penambahan zat lain lagi. Ketiga tabung dikocok secukupnya dan kemudian dibiarkan 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 3.1.1b 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	$\text{CaCO}_3(\text{s}) + \text{HCl}(\text{aq}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O} + \text{CaCl}_2(\text{aq})$	1 gram bongkahan batu kapur (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 (CaCO_3)		27°C	>		>>	
	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3(\text{aq}) + \text{HCl}(\text{aq}) \rightarrow$	mengandung 0,075 M $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	mengandung	27°C	larutan	Tanpa katalis	>	Konsentrasi

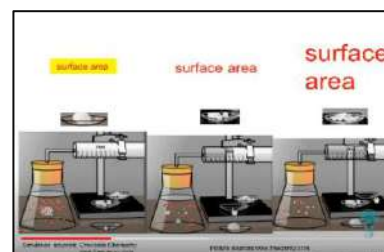
luas permukaan raktan reaksi (oleh peningkatan jumlah tumbukan efektif per satuan volum), serta dengan kehadiran katalis (dengan penurunan energi aktivasi melalui pembentukan kompleks teraktivasi intermediat)	$S_{(s)} + Na_2SO_3(aq)$ dengan total volum campuran reaksi 50 mL	mengandung 0,075 M $Na_2S_2O_3$	0,075 M HCl	37°C			>>	tetap dan tanpa katalis
Larutan dengan total volume campuran reaksi 30 mL: • I: $H_2O_2(aq) + 2KI(aq) + 2HCl \rightarrow I_2(aq) + H_2O(l) + 2KCl(aq)$ • II: $I_2 + 0,5 \text{ mmol } Na_2S_2O_3 \rightarrow KI + S_4O_6^{2-} + I_2 \text{ sisa} + \text{amilum (biru)}$ Jadi 0,5 mmol $Na_2S_2O_3 \sim 0,25 \text{ mmol } I_2$, maka LR pembentukan I_2 dari reaksi H_2O_2 dan $KI = 1/t \times (0,25 \text{ mmol}/30 \text{ mL})$	10 mL 0,30 M H_2O_2 dengan total volum campuran reaksi 30 mL = 0,10M	mengan-dung 0,075 M HCl	27°C	larutan	Tanpa katalis	t = 14,88 s LR = $(0,25 \text{ mmol}/30) / 14,88 = 1,12 \times 10^{-3}$	Suhu dan konsentrasi reaktan lain tetap, tanpa katalis	
	10 mL 0,25 M H_2O_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 H_2O_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 H_2O_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 H_2O_2 dengan total volum campuran reaksi 30 mL = 0,0333 M	t = 43,88 s LR = $0,38 \times 10^{-3}$						
$2H_2O_2(aq) \rightarrow 2H_2O(l) + O_2(g)$	1,0 M $2H_2O_2(aq)$		27°C	larutan	Tanpa katalis	<	Suhu dan konsentrasi tetap	
	1,0 M $2H_2O_2(aq)$		27°C			+ katalis $FeCl_2(aq)$		>
	1,0 M $2H_2O_2(aq)$		27°C			+ katalis $MnO_2(s)$		>

Rangkuman hasil pengolahan data dalam Tabel 3.1.1b 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 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



<https://youtu.be/D4ofmXeWcc4>

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.

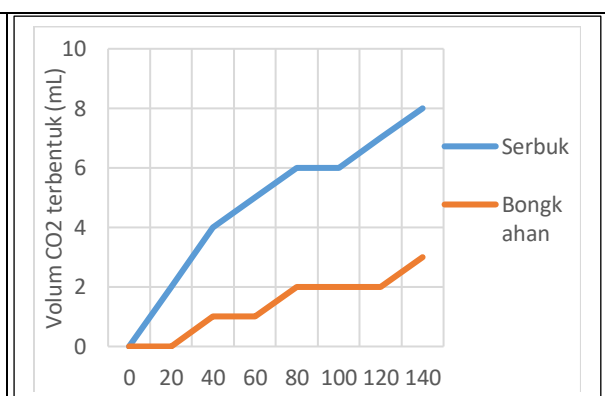
Suatu percobaan pengaruh luas permukaan terhadap laju reaksi dilakukan dengan mereaksikan serbuk batu kapur dan bongkahan batu kapur (massa sama) dengan HCl yang menghasilkan gas CO₂ atau serbuk besi dan batangan dengan larutan HCl yang menghasilkan gas H₂. Adapun reaksi yang terjadi sebagai berikut.



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.

Tabel 3.1.1.2. Volum (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 bl. Laju pembentukan gas CO₂ dari serbuk dan bongkahan batu kapur

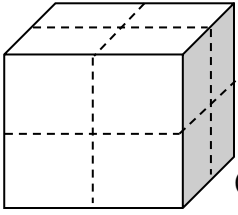
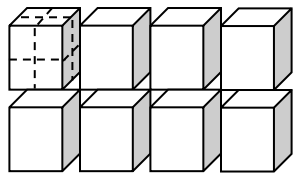
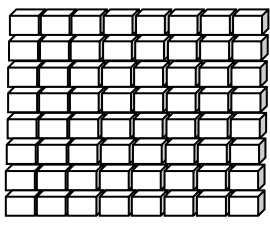
Dari sumber pustaka rujukan didapat data hasil eksperimen untuk logam besi dengan larutan 3 molar HCl sebagai berikut.

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 3.1.1.2, dapat dilihat bahwa laju reaksi serbuk batu kapur atau serbuk besi lebih cepat dari laju reaksi batangan dengan 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 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 batangannya.

Apakah ukuran partikel (luas permukaan materi) memengaruhi 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

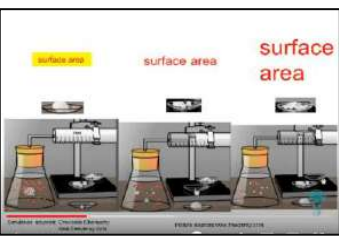
ini dianalogikan sebagai kayu (massa sama) yang dibakar baik dalam bentuk kubus besar, kubus kecil, maupun serpihan-serpihan kayu.

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

Gambar b2. Ilustrasi penambahan luas permukaan dengan pemecahan bahan

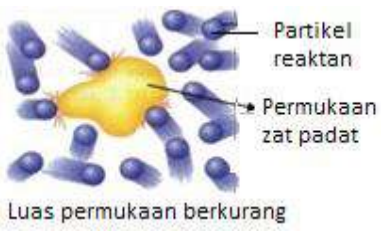
Dari ketiga bentuk dan ukuran kayu di atas, dapat dilihat bahwa yang mempunyai luas permukaan bidang sentuh paling besar yaitu Gambar b2c berupa serpihan-serpihan kayu yang paling kecil. Perbedaan penting yang dapat diamati dari ketiga gambar (massa tetap) di atas adalah ukuran kayu yang semakin kecil 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 rekasi antar reaktan hanya terjadi dipermukaan butiran atau bungkahan. 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




<https://youtu.be/D4ofmXeWcc4>

(a) Eksperimen



(b) Luas permukaan lebih besar



(c) Luas permukaan lebih kecil

Gambar b3. Pengaruh luas permukaan

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.

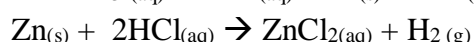
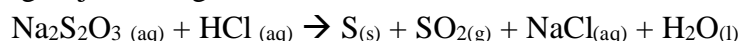
Gambar b2 menunjukkan suatu zat dengan total luas permukaan dalam gambar (b) dari gambar (c). Perbedaan yang dapat diamati dari kedua gambar (b dan c) tersebut adalah (1) suatu zat dengan luas permukaan besar memiliki luas permukaan bidang sentuh (tumbukan) untuk menghasilkan reaksi yang lebih besar 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 jumlah tumbukan yang menghasilkan reaksi. 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 batangannya (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). Dengan demikian, luas permukaan (ukuran partikel) dapat memengaruhi laju reaksi.

Suhu

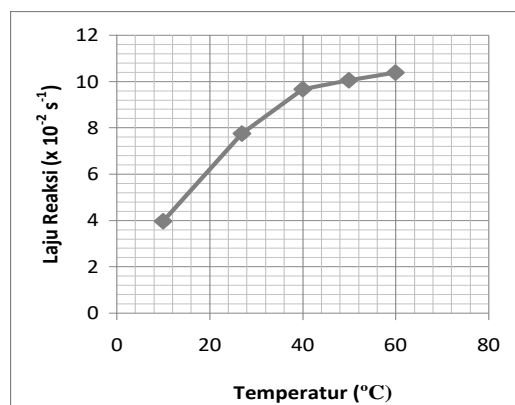
Di laboratorium, suatu percobaan dilakukan dengan mereaksikan atau larutan tiosulfat dengan larutan HCl (dengan pengamatana lama waktu tanda silang di balik campuran reaksi tidak terlihat lagi) atau dengan kuantitas terukur lebih jelas reaksi antara logam Zn dengan larutan HCl 1 M. Eksperimen lain untuk mengungkap pengaruh suhu juga ditemukan pada sumber rujukan dengan menggunakan reaksi antara 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°C dan 37°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 37oC dan 1 menit 17 detik untk suhu 27°C. Laju rekasi terjadi lebih cepat dalam suhu yang lebih tinggi. Eksperimen dari sumber pustaka yang dilakukan pada lima variasi suhu (10°C, 27°C, 40°C, 50°C, dan 60°C) pada reaksi antara logam seng dengan 3 M HCl, dilaporkan laju reaksi pemebentukan gas hidrogen disajikan dalam Tabel Tabel 3.1.1. 3.

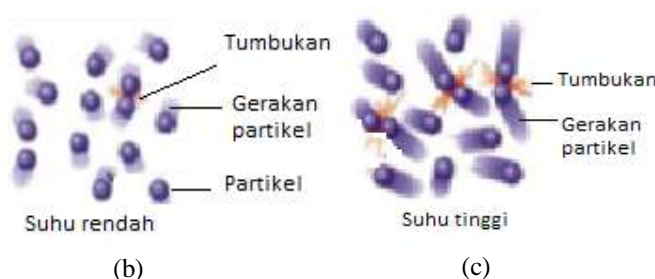
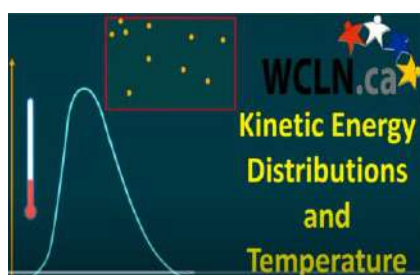
Tabel 3.1.1. 3 Waktu terbentuknya gas H₂ dengan volum tertentu (membuat balon yang sama mulai berdiri)

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



Gambar b3. Laju reaksi terbentuknya H₂ 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 penkelasan 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>)

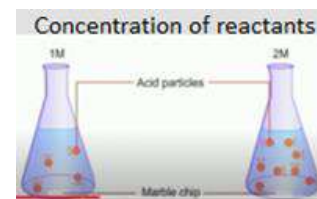
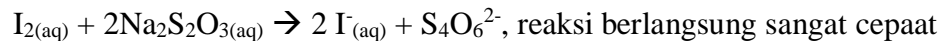
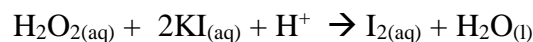
(b) Frekuensi tumbukan partikel-partikel reaktan pada suhu tinggi dan (c) Frekuensi tumbukan partikel-partikel reaktan pada suhu rendah

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

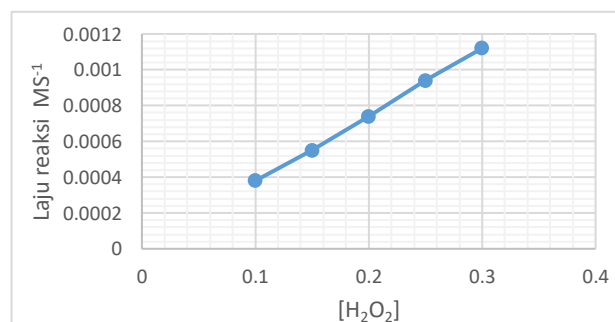
Konsentrasi

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



Dengan menghadirkan sejumlah tertentu larutan natrium tiosulfat sebagai pembatas pengukuran sejumlah produk I₂ yang sudah terbentuk (misalnya 5 mmol = 5 mL 0,10 M Na₂S₂O₃ untuk setiap reaksi simple) 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 antara tersebut pada konsentrasi H₂O₂ yang bervariasi.

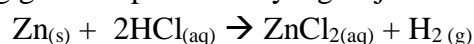
No	[H ₂ O ₂]	Waktu (s)	Laju Reaksi (MS ⁻¹)
1	0,10 M	43,88	0,38 x 10 ⁻³
2	0,15 M	30,21	0,55 x 10 ⁻³
3	0,20 M	22,51	0,74 x 10 ⁻³
4	0,25 M	17,78	0,94 x 10 ⁻³
5	0,30 M	14,88	1,12 x 10 ⁻³



Gambar b5. Laju reaksi terhadap variasi [H₂O₂]

Data dalam Tabel Tabel 3.1.1.4 dan grafik Gambar b5 menunjukkan semakin tinggi konsentrasi reaktan HCl laju reaksi semakin cepat.

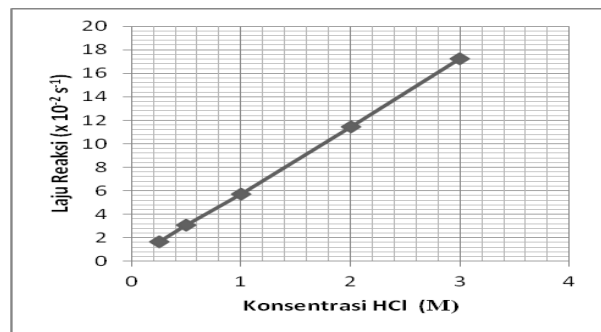
Contoh eksperimen lain pengaruh konsentrasi dari sumber pustaka menggunakan reaksi antara logam seng dengan massa yang sama dan larutan HCl dengan konsentrasi HCl yang bervariasi yakni 0,25 M; 0,5 M; 1 M; 2 M; dan 3 M. Reaksi antara logam Zn dengan larutan HCl menghasilkan gas H₂ yang ditandai dengan 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 volum tertentu dan harga kebalikan waktu (s⁻¹) yang mempresentasikan laju reaksinya dalam bentuk Tabel (3.1.1.5) dan grafik Gambar b5 terhadap variasi konsentrasi HCl.

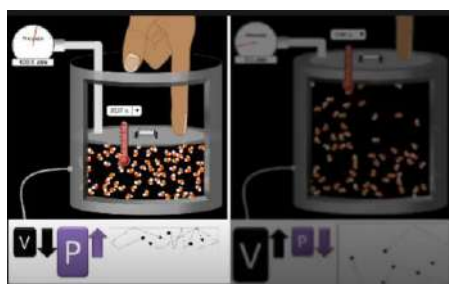
Tabel 3.1.1.5 Waktu terbentuknya gas H₂ dengan Volume Tertentu

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

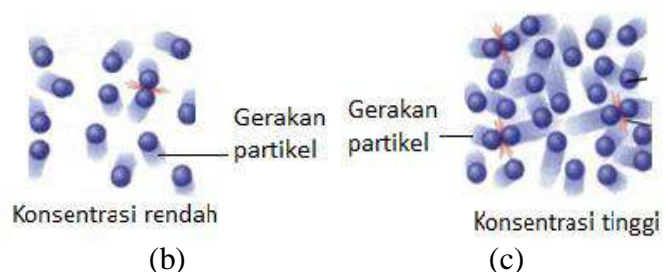


Gambar b6. Laju Reaksi terhadap variasi konsentrasi HCl

Hasil kedua eksperimen tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi zat pereaksi maka laju reaksi semakin cepat. Jumlah tumbukan antarpartikel reaktan dengan konsentrasi lebih besar menyebabkan tumbukan lebih banyak, sehingga reaksi lebih besar, seperti diilustrasikan dalam Gambar b7. Peningkatan konsentrasi pada sistem campuran reaksi berfase gas bisa diperoleh dengan memperbesar tekanan pada suhu tetap.



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



(b) partikel-partikel zat dengan konsentrasi tinggi dan
(c) partikel-partikel zat dengan konsentrasi lebih kecil

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 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 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 partikel dengan E_A yang meningkat seperti pada pengaruh suhu.

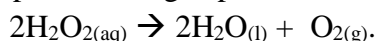
Jumlah partikel suatu zat sebanding dengan kerapatan partikel-partikelnya. Semakin banyak jumlah partikel suatu reaktan per satuan volum, maka jarak antarpartikelnya akan semakin rapat. Partikel-partikel suatu reaktan tidaklah diam, melainkan selalu bergerak. Jumlah partikel yang semakin banyak dan jarak antarpartikel 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 untuk contoh reaksi dekomposisi larutan H_2O_2 dengan penambahan MnO_2 atau Fe^{2+} dan tanpa penambahan bahan katalis. Reaksi ini menghasilkan gas O_2 yang ditandai dengan munculnya gelembung-gelembung gas, tanpa pengurangan padatan MnO_2 . Persamaan reaksi dekomposisi hidrogen peroksida adalah



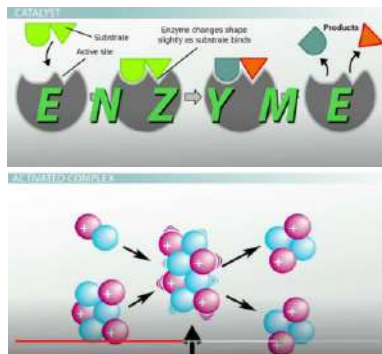
Banyaknya gelembung gas yang terbentuk dalam selang waktu tertentu laju reaksi tersebut. Data hasil percobaan penguraian larutan H_2O_2 dengan dan tanpa kehadiran MnO_2 disajikan dalam Tabel 3.1.1.6. dan Massa MnO_2 tidak berkurang setelah reaksi selesai.

Tabel 3.1.1.6 Kecepatan gelembung gas O_2 yang terbentuk

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

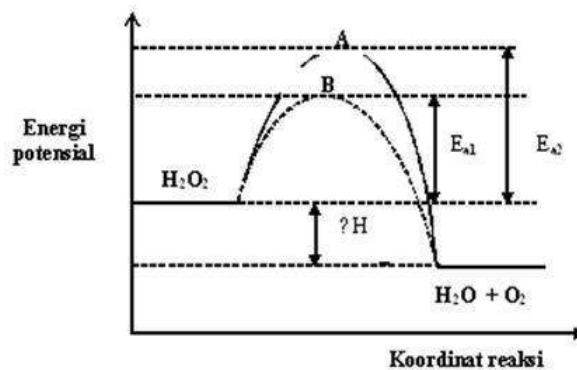
Dengan demikian, penambahan MnO_2 dalam reaksi penguraian H_2O_2 berfungsi sebagai katalis yang mempercepat laju reaksi. Dalam konteks katalis dengan fase padat, umumnya reaktan bertumbukan dengan katalis yang sempat menempel pada permukaan katalis (dapat bergerak berpropagasi diikuti dengan penataan struktur elektroniknya yang memfasilitasi percepatan reaksi ke arah produk). Dengan demikian penempelan (agregasi) partikel reaktan pada katalis membentuk kompleks teraktifkan dengan energi pengaktifan lebih rendah atau menurunkan energi pengaktifan reaktan untuk membentuk produk. 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 atau sebagai katalis.

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



<https://youtu.be/xaXDARPYxyQ>

(a)

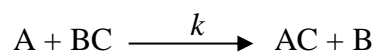


(b)

Gambar b8. Animasi dan ilustrasi katalis

Grafik b8a menunjukkan pembentukan spesi kompleks teraktivasi dengan adanya katalis. Gambar b8b kurva A menunjukkan jalan atau jejak reaksi (*parthway*) reaksi tanpa adanya penambahan katalis dengan energi pengaktifan lebih tinggi dibandingkan 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. Sementara grafik B menggambarkan reaksi yang dikatalisis. 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 oleh suatu reaksi dengan menggunakan katalis menyebabkan kemampuan energi kinetik untuk melampaui energi pengaktifan 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 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, laju berkatalis > Laju tidak berkatalis

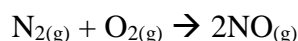
Grafik di atas menunjukkan profil energi potensial untuk kedua reaksi. Meskipun reaktan dan produknya sama dalam kedua kasus ini, mekanisme dan hukum lajunya berbeda untuk kedua bentuk grafik. Perhatikan, energi potensial reaktan dan produk tidak dipengaruhi oleh katalis. Satu-satunya yang dipengaruhi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

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 memengaruhi laju reaksi melalui adsorpsi (pada permukaan katalis heterogen) yang sering diikuti dengan pembentukan senyawa antara (zat intermediat 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 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 dari 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 dikatalisanya, biasanya dalam fase cairan. Cara kerja katalis homogen dalam mempercepat laju reaksi adalah membentuk zat antara. Misalnya reaksi $A + B \rightarrow AB$ terjadi dengan laju reaksi yang sangat lambat. Kehadiran katalis (C) dapat mempercepat laju reaksi dengan tahapan reaksi sebagai berikut.

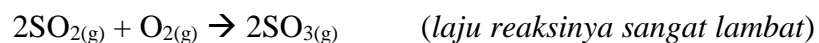


https://youtu.be/chNcfHX_CaI



AC merupakan zat antara (intermediat).

Contoh reaksi yang melibatkan senyawa antara adalah reaksi fase gas antara gas SO_2 dengan gas O_2 membentuk gas SO_3 dalam industri dengan menggunakan katalisator gas NO. Reaksi:



Mekanisme reaksi dengan menggunakan katalisator gas NO:



NO_2 merupakan senyawa antara dan pada akhir reaksi katalisator gas NO terbentuk kembali.

Factors

- Temperature
- Concentration
- Pressure
- Surface area

concentration or if we squeeze them together, if we have a higher pressure that's going

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

c. Tugas belajar 5M materi faktor memengaruhi laju reaksi

- i. Tugas kelompok/perorangan: rangkuman kegiatan 5M ilmiah induktif (dikumpul bersamaan dengan isian *worksheet* (lembar kerja) 5M 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 akibat-sebab untuk induktif) yang disasar serta konsistensi variabel-variabel pembuktian hipotesis (berikut adalah contoh).

Hipotesis	Pengetahuan faktual	Prosedur ilmiah (p. Prosedural)	Variabel bebas (VB)	Variabel terikat (VT)	Variabel kontrol (VK)	Pengetahuan prasyarat	Meta-kognitif	
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)	<ul style="list-style-type: none"> Laju reaksi ($1/t$) bervariasi Untuk massa yang sama, luas permukaan sentuh (reaksi) untuk serbuk lebih besar dari bongkahan Peningkatan suhu meningkatkan energi aktivasi Peningkatan konsentrasi meningkatkan keerapaatan partikel - partikel reaktan Katalis menurunkan energi aktivasi reaktan dg membentuk kompleks teraktivasi 	1) mengamati fenomena & mendaftarkan informasi awal kebutuhan rumusan masalah & hipotesis 2) merumuskan masalah investigasi 3) merumuskan hipotesis & merancang pembuktiannya 4) melakukan pengambilan data eksperimen 5) mengolah dan menganalisis data menuju pembuktian hipotesis 6) membuat simpulan 7) menemukan meta-kognitif	Luas permukaan	laju reaksi atau $1/t$	Konsentrasi, suhu, tanpa katalis	Prehitungan luas permukaan	
			suhu			konsentrasi reaktan, tanpa katalis	Distribusi energi partikel Boltzman untuk variasi suhu
			konsentrasi			Suhu dan konsentrasi reaktan tanpa katalis	Kerapatan partikel
			Katalis			Konsentrasi reaktan dan suhu larutan	Kompleks teraktivasi yang tidak stabil

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

Rangkuman kegiatan *micro learning* induktif 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 dalam sumber lain. Tes formatif dikerjakan untuk refleksi capaian kognitif *micro learning* faktor yang memengaruhi laju reaksi.

Referensi

1. Silberberg, M.S. (2003). Chemistry The Molecular nature of Matter and Change. Third Edition. New York : McGraw-Hill Higher Education.
2. Silberberg, M.S. (2010). Principle of General Chemistry. Second Edition (atau edisi yang lebih baru). New York: The McGraw-Hill Companies, Inc.
3. Brady, J.E., (1990). *General Chemistry: Principle and Structure*. New York: John Wiley & Son.
4. Chand, R., (2002). Chemistry. Seventh Edition, Boston: McGraw-Hill Companies, Inc.
5. Internet resources lainnya untuk kajian termokimia dan bagian-bagiannya seperti kalorimeter, termokimia, perubahan entalpi reaksi, energy ikatan, entropi, spontanitas reaksi kimia umum dan khusus redoks yang sangat berkembang untuk elektrokimia, hokum Hess, dan siklus Born-Haber.

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!

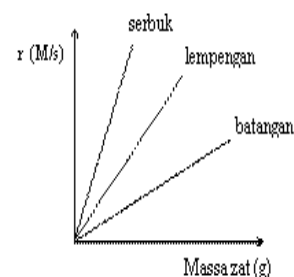
1. Sejumlah percobaan antara logam $Zn_{(s)}$ dan larutan HCl dengan data sebagai berikut.

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

- Membuktikan hipotesis “makin besar luas permukaan laju reaksi makin cepat”
 - Membuktikan hipotesis “makin besar konsentrasi reaktan laju reaksi makin cepat”
 - Variabel bebas berupa waktu reaksi
 - Variabel terikat berupa konsentrasi
 - 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...

- percobaan 1 dan 2
 - percobaan 1 dan 3
 - percobaan 2 dan 3
 - percobaan 2 dan 4
 - 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....
- konsentrasi
 - temperatur
 - tekanan
 - katalis
 - luas permukaan

4. Reaksi dekomposisi H_2O_2 terjadi pada suhu 60°C menghasilkan gas O_2 dan air. Reaksi ditandai oleh munculnya gelembung-gelembung gas. Gas terbentuk lebih banyak melalui kehadiran serbuk batu kawi (MnO_2) dan setelah reaksi selesai massa batu kawi tidak berkurang. Berdasarkan uraian di atas, dapat dibuat hipotesis yang menyatakan bahwa pada konsentrasi H_2O_2 yang sama,...
- penambahan serbuk 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 MnO_2
 - karena tidak mengalami pengurangan massa, serbuk MnO_2 yang ditambahkan tidak terlibat dalam reaksi dekomposisi H_2O_2
 - penambahan serbuk MnO_2 terlibat dalam reaksi sebagai katalis yang mempercepat dekomposisi H_2O_2 menghasilkan gas O_2 , MnO_2 terbentuk kembali bersamaan dengan terbentuknya gas O_2 .
 - pada suhu 60°C jumlah gelembung-gelembung gas O_2 yang dihasilkan per satuan waktu adalah sama meskipun ada kehadiran serbuk 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

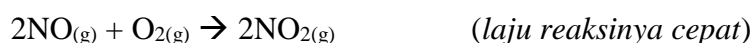
Berdasarkan data tersebut, dapat disimpulkan bahwa....

- pada temperatur yang sama, laju reaksinya meningkat
 - peningkatan konsentrasi zat A menyebabkan penurunan laju reaksi
 - peningkatan konsentrasi zat A menyebabkan peningkatan laju reaksi
 - peningkatan konsentrasi zat B tidak memengaruhi laju reaksi
 - 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...

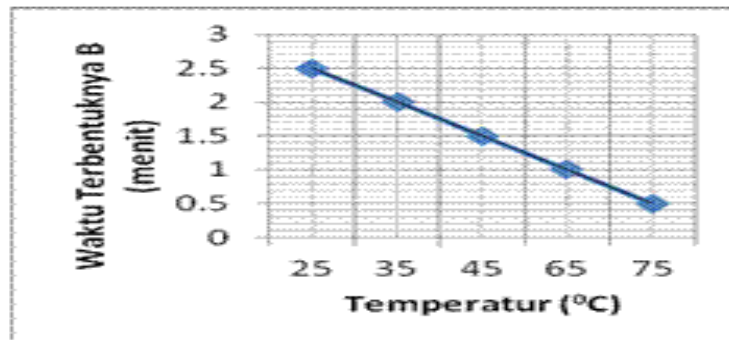
- Penambahan konsentrasi reaktan mempercepat laju reaksi
 - Peningkatan temperatur tidak memengaruhi laju reaksi
 - Penambahan logam besi dan temperatur mempercepat laju reaksi
 - Penambahan logam besi dan temperatur memperlambat laju reaksi
 - Penambahan logam besi tidak memengaruhi laju reaksi.
9. 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 ...

- mempercepat reaksi dalam pembentukan $SO_{3(g)}$
- memperlambat reaksi dengan membentuk senyawa antara (NO)
- mempercepat reaksi dengan pembentukan zat antara gas NO
- Jawaban a dan b benar
- 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

