



Kurikulum
Merdeka

**MERDEKA
BELAJAR**



Merdeka
Mengajar

SEKOLAH MENENGAH ATAS

KELAS 11

LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK

PROBLEM-BASED LEARNING

LAJU REAKSI



KELOMPOK:

NAMA ANGGOTA KELOMPOK:

1.
2.
3.
4.
5.
6.

Petunjuk Penggunaan LKPD

1. Tulislah nomor dan nama anggota kelompok pada halaman pertama.
2. Bacalah setiap informasi yang disediakan untuk memahami permasalahan yang harus diselesaikan.
3. Carilah informasi dari berbagai sumber yang dapat dipercaya.
4. Diskusikan hasil informasi yang didapat dengan anggota kelompok yang lain.
5. Setiap kelompok akan diberi kesempatan untuk mempresentasikan hasil dari pembahasan LKPD.

TUJUAN PEMBELAJARAN

Mampu memahami laju reaksi dan faktor-faktor yang mempengaruhinya serta penerapannya dalam kehidupan sehari-hari

ALUR TUJUAN PEMBELAJARAN

1. Mampu menjelaskan mengenai teori tumbukan dan laju reaksi
2. Mampu memahami dan menerapkan persamaan laju reaksi dan orde reaksi
3. Mampu menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi

Bagian 1

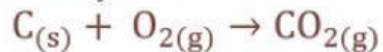
Teori Tumbukan dan Laju Reaksi



Tahap 1: Orientasi terhadap Masalah

Informasi 1

Pembakaran kertas merupakan salah satu contoh reaksi kimia. Kertas dapat langsung berubah menjadi abu ketika dibakar. Hal ini berlangsung dengan sangat cepat. Reaksi yang terjadi saat pembakaran kertas yaitu



Karbon yang terkandung di dalam kertas akan berubah menjadi karbon dioksida ketika dibakar. Kertas yang dibakar akan berubah menjadi abu, yang memiliki sifat dan bentuk yang berbeda dengan kertas. Perubahan bentuk ini tidak bisa dikembalikan ke bentuk semula, walaupun dengan proses pengolahan sekalipun.



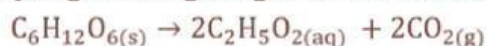
Gambar 1. Pembakaran kertas
Sumber: Canva, 2025



Gambar 2. Tape Singkong
Sumber: Canva, 2025

Informasi 2

Tape merupakan makanan tradisional yang terbuat dari singkong. Singkong yang sudah disiapkan, diperam menggunakan ragi selama beberapa hari. Dalam pemeraman tersebut terjadi proses fermentasi yang berlangsung dalam waktu yang relatif lama (lebih dari satu hari). Reaksi yang berlangsung saat fermentasi tape yaitu



Gula yang terkandung di dalam singkong akan berubah menjadi etanol dan karbon dioksida selama proses fermentasi berlangsung. Ketika waktu fermentasi dibiarkan terlalu lama, maka akan diperoleh rasa masam yang lebih kuat. Hal ini dikarenakan etanol yang terkandung sudah berubah menjadi asam cuka, yang menyebabkan rasanya menjadi masam.

Tahap 2: Mengorganisasi Peserta Didik untuk Belajar

Untuk mengetahui lebih banyak informasi tentang laju informasi, jawablah pertanyaan-pertanyaan di bawah ini!

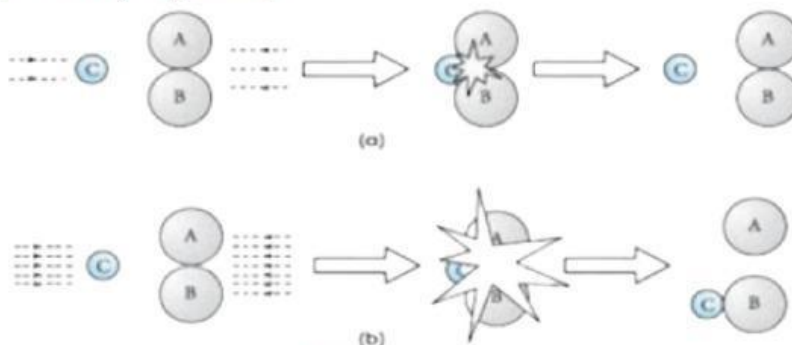
1. Selain dua reaksi di atas, tuliskan 5 contoh reaksi kimia yang terjadi di sekitar kita!
2. Reaksi kimia dibedakan menjadi dua yaitu reaksi cepat dan lambat, apa faktor yang membedakan kedua reaksi tersebut?
3. Apa saja yang mempengaruhi terjadinya reaksi kimia?

Tahap 3: Membimbing Penyelidikan Kelompok

Reaksi kimia adalah pembentukan ikatan dan/atau ikatan yang baru antar Reaksi terjadi karena adanya tumbukan antar atom. Tetapi tidak semua dapat menghasilkan reaksi. Reaksi kimia terjadi sebagai proses terbentuknya produk dari dan produk memiliki kecepatan yang berbeda-beda. Perbedaan kecepatan itulah yang disebut dengan, yang didapatkan dari membandingkan perubahan konsentrasi zat per satuan Laju reaksi disimbolkan dengan

Syarat Tumbukan Efektif

1. Energi kinetik partikel yang cukup

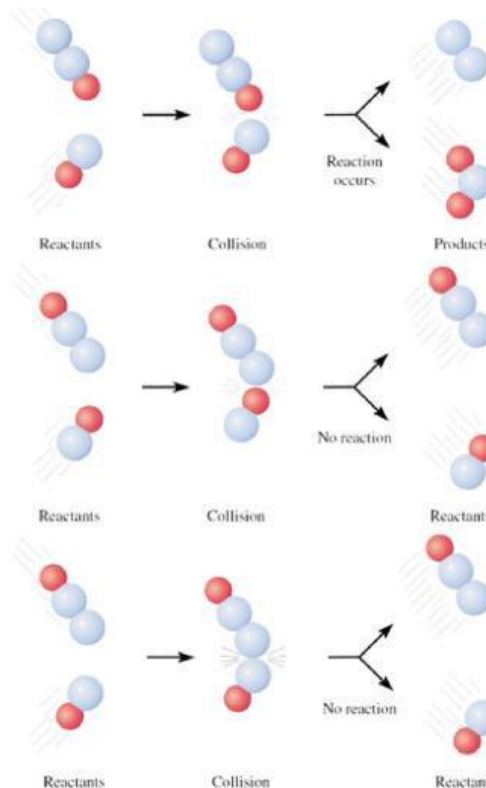


Gambar 3. Tumbukan Partikel

Sumber: Ramawati, 2022

Ilustrasi manakah yang menunjukkan terjadinya reaksi?

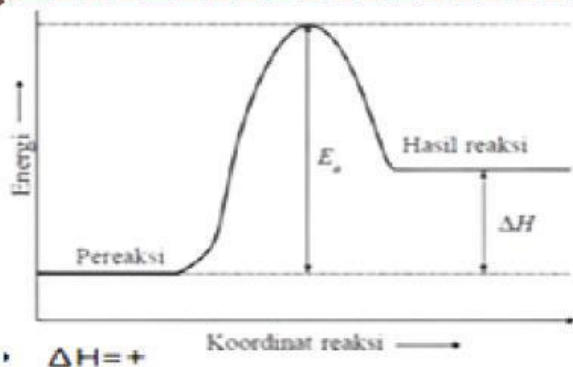
2. Orientasi arah yang tepat



Gambar 4. Arah Tumbukan Partikel

Sumber: Ningsih, 2025

Lingkarilah ilustrasi di atas yang menunjukkan adanya tumbukan dengan orientasi arah yang tepat!



Gambar 5. Grafik Reaksi Endoterm

Sumber: Yuantonius, 2012

Energi yang cukup diperlukan untuk terjadinya sebuah reaksi, karena setiap reaksi memiliki energi

Jika nilai energi kinetik partikel lebih kecil daripada nilai energi aktivasi ($E_k < E_a$) maka

Jika nilai energi kinetik partikel lebih besar daripada nilai energi aktivasi ($E_k > E_a$) maka

1. Tumbukan yang menghasilkan reaksi disebut dengan tumbukan
2. Tumbukan efektif memiliki dua syarat, yaitu dan
3. Reaksi kimia terbentuk karena adanya perubahan konsentrasi dari reaktan dan produk, selama reaksi berjalan maka konsentrasi reaktan akan dan produk akan
4. Laju reaksi adalah perubahan konsentrasi zat per satuan waktu. Sehingga persamaan yang digunakan untuk menghitung laju reaksi adalah
5. $2A + B \longrightarrow 4D$ berdasarkan pada reaksi kimia di samping, maka:

- Rumus untuk laju reaksi A adalah $r_A = -\frac{\Delta[A]}{\Delta t}$
- Rumus untuk laju reaksi C adalah
- Rumus untuk laju reaksi D adalah
- Perbandingan laju reaksi sebanding dengan perbandingan koefisien reaksi, maka perbandingannya adalah $A : C : D = \dots : \dots : \dots$. Atau dapat dituliskan dengan perbandingan berikut:

$$-\frac{1}{2} \dots = -\frac{1}{\dots} r_C = \dots r_D$$

Tahap 4: Mengembangkan dan Menyajikan Hasil

Presentasikan hasil diskusi kelompok di depan kelas!

Tahap 5: Menganalisis dan Mengevaluasi Proses

Tuliskan kesimpulan yang didapatkan berdasarkan diskusi yang telah dilakukan!

1. Reaksi kimia terjadi ketika
2. Laju reaksi dapat dinyatakan sebagai

Bagian 2

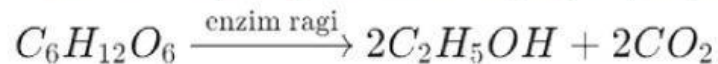
Persamaan Laju Reaksi dan Orde Reaksi



Tahap 1: Orientasi terhadap Masalah

Informasi

Pembuatan tape dilakukan dengan proses fermentasi. Fermentasi adalah proses pengubahan gula (glukosa) menjadi alkohol (etanol) dan gas karbon dioksida dengan bantuan mikroorganisme, contohnya ragi. Reaksi kimia yang terjadi yaitu



Sehingga laju reaksi pada pembuatan tape, menunjukkan seberapa cepat proses fermentasi berlangsung. Sehingga laju reaksi dipengaruhi oleh ketersediaan gula. Ragi berfungsi untuk membantu proses fermentasi, sehingga berjalan lebih cepat. Fermentasi dianggap selesai, ketika ketersediaan gula dan ragi sudah habis. Sehingga ketika ditambahkan gula sekalipun, proses fermentasi sudah tidak akan berlangsung kembali.

Tahap 2: Mengorganisasi Peserta Didik untuk Belajar

Untuk mengetahui lebih dalam kaitan antara pembuatan tape dan reaksi kimia, jawablah pertanyaan di bawah ini!

1. Faktor apa yang sangat mempengaruhi proses fermentasi?
2. Apakah jumlah ketersediaan gula akan berkurang seiring bertambahnya waktu?
3. Bagaimana gula mempengaruhi reaksi fermentasi?
4. Mengapa penambahan gula diakhir tidak mempengaruhi laju fermentasi?

Tahap 3: Membimbing Penyelidikan Kelompok

Laju reaksi sangat bergantung pada konsentrasi reaktan. Hubungan antara laju reaksi dan konsentrasi reaktan dinyatakan dalam persamaan yang disebut dengan persamaan laju reaksi. Pada reaksi fermentasi, laju reaksi dipengaruhi oleh konsentrasi gula. Maka persamaan laju reaksinya adalah:

$$r_{\text{fermentasi}} = k[\text{gula}]^n$$

Keterangan:

- $r_{\text{fermentasi}}$ = laju reaksi fermentasi
 k = tetapan laju reaksi
 n = orde reaksi terhadap reaktan gula

Jawablah pertanyaan di bawah ini:

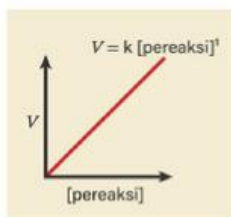
1. Jika terdapat reaksi $2A + B \longrightarrow 4D$ maka persamaan umum laju reaksinya adalah
2. Orde reaksi adalah
3. Penjumlahan dari orde reaksi pada semua reaktan disebut dengan

Macam-Macam Orde Reaksi

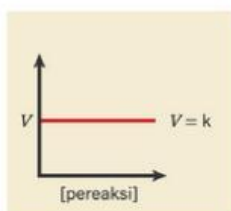
Orde reaksi biasanya bernilai bilangan bulat positif sederhana. Tetapi tidak menutup kemungkinan orde reaksi memiliki nilai positif, nol, dan negatif. Adapun grafik orde reaksi yang paling sering dipelajari adalah orde 0, 1, dan 2.

1. Orde nol menunjukkan bahwa besarnya perubahan konsentrasi tidak mempengaruhi laju reaksi.
2. Orde satu menunjukkan bahwa kenaikan laju reaksi berbanding dengan kenaikan konsentrasi reaktan.
3. Orde dua menunjukkan bahwa kenaikan laju reaksi berbanding dengan kenaikan

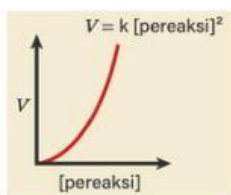
Pasangkanlah Grafik dan Orde Reaksi di Bawah Ini!



Orde 0



Orde 1



Orde 2

Menghitung Persamaan Laju Reaksi

Praktikum penguraian hidrogen peroksida berlangsung pada suhu ruang, selama 45 detik sudah terbentuk 9 mL gas hidrogen. Laju reaksi pembentukan gas hidrogen adalah

Penyelesaian $r_{H_2} = \frac{\Delta H_2}{\dots}$

$r_{H_2} = \frac{\dots}{\dots}$

$r_{H_2} = \dots$

Menghitung Persamaan Laju Reaksi dan Orde Reaksi

Perhatikan tabel di bawah ini!

Percobaan ke-	Konsentrasi Reaktan (M)		r (M/s)
	[A]	[B]	
1	0,1	0,01	$1,2 \times 10^{-3}$
2	0,1	0,04	$4,8 \times 10^{-3}$
3	0,2	0,01	$2,4 \times 10^{-3}$

Hitunglah:

Orde reaksi terhadap reaktan A!

$$\frac{r_1}{r_3} = \frac{k[A_1]^m[\dots]^n}{k[\dots]^m[B_3]^n}$$

$$\frac{1,2 \times 10^{-3}}{\dots} = \frac{k[\dots]^m[\dots]^n}{k[\dots]^m[\dots]^n}$$

$$\frac{\dots}{\dots} = \frac{k[\dots]^m[\dots]^n}{k[\dots]^m[0,01]^n}$$

$$\frac{\dots}{\dots} = \frac{[\dots]^n}{[\dots]^n}$$

$$\frac{\dots}{\dots} = \left(\frac{[\dots]}{[\dots]}\right)^n$$

$$\dots = \dots$$

Nilai tetapan laju reaksi!

$$r_1 = k[A_1]^m[B_1]^n$$

$$1,2 \times 10^{-3} = k[0,1]^m[\dots]^n$$

$$k = \frac{1,2 \times 10^{-3}}{[\dots]^m[\dots]^n}$$

$$k = \frac{\dots}{\dots}$$

$$k = \dots$$

Orde reaksi terhadap reaktan B!

$$\frac{r_1}{\dots} = \frac{k[A_1]^m[\dots]^n}{k[\dots]^m[B_2]^n}$$

$$\frac{\dots}{\dots} = \frac{k[\dots]^m[0,01]^n}{k[\dots]^m[\dots]^n}$$

$$\frac{\dots}{\dots} = \frac{k[\dots]^m[\dots]^m}{k[\dots]^m[\dots]^n}$$

$$\frac{\dots}{\dots} = \frac{[\dots]^m}{[\dots]^n}$$

$$\frac{\dots}{\dots} = \left(\frac{[\dots]}{[\dots]}\right)^m$$

$$\dots = \dots$$

Laju reaksi jika konsentrasi A adalah 0,4 M dan konsentrasi B adalah 0,02 M!

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

$$r = \dots [\dots]^m[0,02]^n$$

$$r = \dots$$

Tahap 4: Mengembangkan dan Menyajikan Hasil

Presentasikan hasil diskusi kelompok di depan kelas!

Tahap 5: Menganalisis dan Mengevaluasi Proses

Tuliskan kesimpulan yang didapatkan berdasarkan diskusi yang telah dilakukan!

1. Bentuk umum persamaan laju reaksi adalah

.....

2. Orde reaksi dapat ditentukan dengan dua cara, yaitu

.....

3. Orde reaksi adalah

.....

Bagian 3

Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Laju Reaksi



Tahap 1: Orientasi terhadap Masalah

Reaksi kimia sangat erat kaitannya dengan kehidupan sehari-hari. Reaksi kimia yang tidak terkontrol juga dapat menyebabkan kerugian. Salah satu contohnya adalah munculnya kerak pada panci yang digunakan untuk memasak air. Air mengandung berbagai macam mineral, contohnya adalah kalsium karbonat. Saat memasak air dengan suhu yang tinggi, kalsium karbonat akan mengendap dan menjadi kerak.



Gambar 1. Kerak pada Panci

Sumber: Laduniyah, 2023

Dengan menggunakan larutan asam, kerak tersebut dapat diatasi. Konsentrasi asam cuka yang lebih tinggi dapat menghilangkan kerak dengan lebih cepat.

Tahap 2: Mengorganisasi Peserta Didik untuk Belajar

Gunakanlah pertanyaan bantuan di bawah ini untuk mencari informasi sebanyak-banyaknya, tentang pengaruh konsentrasi terhadap laju reaksi!

1. Mengapa larutan asam dapat digunakan untuk membersihkan kerak?
2. Apa hubungan konsentrasi asam dan kecepatan pembersihan kerak?
3. Carilah informasi mengenai pembersihan kerak menggunakan asam cuka dan lemon. Manakah yang lebih efektif? Apa penyebabnya?

Tahap 3: Membimbing Penyelidikan Kelompok

Terdapat beberapa bagian yang harus dikerjakan dengan teliti. Tuliskan setiap jawaban pada kolom yang disediakan.

Pada penyelidikan kelompok kali ini terdapat 4 bagian yaitu:

1. Faktor konsentrasi
2. Faktor suhu
3. Faktor luas permukaan
4. Faktor katalis

Bagian 1. Percobaan Pengaruh Faktor Konsentrasi

Alat dan Bahan

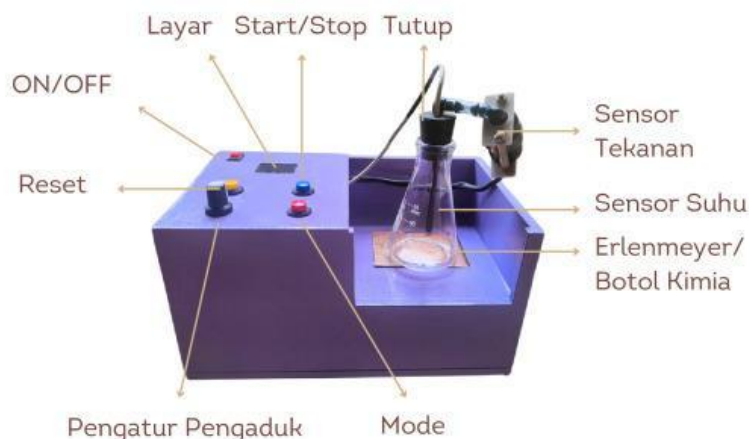
Alat :

- Botol kaca 100 mL (2)
- Gelas ukur 100 mL (1)
- Gelas arloji (1)
- Timbangan analitik (1)
- Pipet tetes (1)

Bahan :

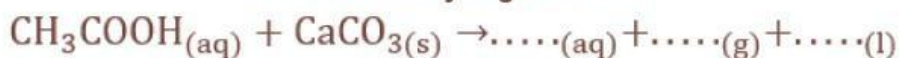
- Larutan cuka 0,1 M (60 mL)
- Larutan cuka 0,2 M (30 mL)
- Kalsium karbonat (6,5 gram)

Rancangan Praktikum



Video Tutorial Alat Praktikum

Reaksi Kimia yang Diamati



Langkah Kerja

I. Percobaan pada variasi molaritas asam cuka

1. Siapkan alat dan bahan yang dibutuhkan.
2. Beri label pada masing-masing botol kaca sesuai dengan variasi yang akan digunakan.
3. Masukkan tiap variasi asam cuka sebanyak 30 mL ke dalam botol.
4. Timbang 1 gram kalsium karbonat sebanyak 3 kali pengulangan.
5. Gunakan alat pada mode web. Masukkan ID eksperimen, kecepatan motor 50-100% tanpa mengatur suhu.
6. Campurkan 30 mL asam cuka 0,1 M dengan 1 gram kalsium karbonat pada botol kimia dan tutup dengan rapat.
7. Letakkan botol kimia pada bagian yang sudah disediakan di dalam alat.
8. Pastikan thermocouple terendam dalam larutan yang akan diamati.
9. Klik "Start without heater" pada web.
10. Amati waktu pada web dan tunggu hingga 3 menit atau tunggu hingga tekanan konstan.
11. Klik "Stop Experiment" ketika timer selesai atau tekanan konstan.
12. Refresh Google Sheet untuk mendapatkan data.
13. Lakukan kembali langkah 5-11 untuk 30 mL asam cuka 0,2 M dengan 1 gram kalsium karbonat.

II. Percobaan pada variasi massa kalsium karbonat

1. Siapkan alat dan bahan yang dibutuhkan.
2. Beri label pada masing-masing botol kaca sesuai dengan variasi yang akan digunakan.
3. Masukkan 30 mL asam cuka 0,1 M pada masing-masing botol.
4. Timbang kalsium karbonat sebanyak 1 gram; 1,5 gram; dan 2 gram.
5. Gunakan alat pada mode web. Masukkan ID eksperimen, kecepatan motor 50-100% tanpa mengatur suhu.
6. Campurkan 30 mL asam cuka 0,1 M dengan 1 gram kalsium karbonat pada botol kimia dan tutup dengan rapat.
7. Letakkan botol kimia pada bagian yang sudah disediakan di dalam alat.
8. Pastikan thermocouple terendam dalam larutan yang akan diamati.
9. Klik "Start without heater" pada web.
10. Amati waktu pada web dan tunggu hingga 3 menit atau tunggu hingga tekanan konstan.
11. Klik "Stop Experiment" ketika timer selesai atau tekanan konstan.
12. Refresh Google Sheet untuk mendapatkan data.
13. Lakukan kembali langkah 5-11 untuk 1,5 gram dan 2 gram kalsium karbonat dengan 30 mL asam cuka 0,1 M.

DATA PENGAMATAN

Bagian 1. Menghitung Molaritas Kalsium Karbonat

Untuk kalsium karbonat 1 gram, maka Molaritasnya adalah

$$M = \frac{\text{massa}}{Mr} \times \frac{1000}{\text{volume larutan (mL)}}$$

$$M = \frac{1}{100} \times \frac{1000}{20 \text{ mL}}$$

M = ...

Untuk kalsium karbonat 1,5 gram, maka Molaritasnya adalah

$$M = \frac{\text{massa}}{Mr} \times \frac{1000}{\text{volume larutan (mL)}}$$

$$M = \frac{\dots}{100} \times \frac{1000}{\dots}$$

M = ...

Untuk kalsium karbonat 2 gram, maka Molaritasnya adalah

$$M = \frac{\text{massa}}{Mr} \times \frac{1000}{\text{volume larutan (mL)}}$$

$$M = \frac{\dots}{\dots} \times \frac{\dots}{\dots}$$

M = ...

Bagian 2. Gas yang dihasilkan selama 5 Menit

Botol	Gas yang Terbentuk Tiap 30 Detik (mL)										
	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300
A											
B											
C											
D											
E											

Bagian 3. Grafik Jumlah Gas vs Waktu Pengamatan pada Variasi Molaritas Asam Cuka

Bagian 4. Grafik Jumlah Gas vs Waktu Pengamatan pada Variasi Molaritas Kalsium Karbonat

Bagian 5. Menghitung Laju Reaksi Hasil Percobaan

Botol	Volume Gas saat Grafik Mulai Mendatar (mL)	Waktu Pengamatan saat Grafik Mulai Mendatar (detik)	Laju Reaksi (mL/detik) ($r = \frac{\text{volume gas saat grafik mendatar}}{\text{waktu saat grafik mendatar}}$)
A			
B			
C			
D			
E			

Bagian 6. Grafik Orde Reaksi Cuka

Bagian 7. Menghitung Orde Reaksi Cuka Berdasarkan Hasil Praktikum

Pilihlah dua percobaan yang memiliki variasi molaritas asam cuka yang berbeda dan molaritas kalsium karbonat yang tetap!

$$\frac{\dots}{\dots} = \frac{k[\dots]^{\dots}[\dots]^{\dots}}{k[\dots]^{\dots}[\dots]^{\dots}}$$

$$\frac{\dots}{\dots} = \frac{k[\dots]^{\dots}[\dots]^{\dots}}{k[\dots]^{\dots}[\dots]^{\dots}}$$

$$\frac{\dots}{\dots} = \frac{k[\dots]^{\dots}[\dots]^{\dots}}{k[\dots]^{\dots}[\dots]^{\dots}}$$

$$\frac{\dots}{\dots} = \frac{[\dots]^{\dots}}{[\dots]^{\dots}}$$

$$\frac{\dots}{\dots} = \left(\frac{[\dots]}{[\dots]} \right)^{\dots}$$

$$\dots = \dots$$

Apakah orde reaksi berdasarkan grafik dan perhitungan memiliki nilai yang sama?

.....

.....

Bagian 8. Grafik Orde Reaksi Kalsium Karbonat

Bagian 9. Menghitung Orde Reaksi Kalsium Karbonat Berdasarkan Hasil Praktikum

Pilihlah dua percobaan yang memiliki variasi molaritas asam cuka yang tetap dan molaritas kalsium karbonat yang berbeda!

$$\frac{\dots}{\dots} = \frac{k[\dots]^m[\dots]^n}{k[\dots]^m[\dots]^n}$$

$$\frac{\dots}{\dots} = \frac{k[\dots]^m[\dots]^n}{k[\dots]^m[\dots]^n}$$

$$\frac{\dots}{\dots} = \frac{k[\dots]^m[\dots]^n}{k[\dots]^m[\dots]^n}$$

$$\frac{\dots}{\dots} = \frac{[\dots]^m}{[\dots]^n}$$

$$\frac{\dots}{\dots} = \left(\frac{[\dots]}{[\dots]} \right)^m$$

$$\dots = \dots$$

Apakah orde reaksi berdasarkan grafik dan perhitungan memiliki nilai yang sama?

Bagian 10. Menghitung Tetapan Laju Reaksi

Dengan menggunakan percobaan pada botol A dan menggunakan orde reaksi masing-masing zat yang sudah ditemukan, lengkapi perhitungan di bawah ini!

$$r_A = k[\text{CH}_3\text{COOH}]_A^m[\text{CaCO}_3]_A^n$$

$$\dots = k[\dots]^m[\dots]^n$$

$$k = \frac{\dots}{[\dots]^m[\dots]^n}$$

$$k = \frac{\dots}{\dots}$$

$$k = \dots$$

Tahap 4: Mengembangkan dan Menyajikan Hasil

Presentasikan hasil diskusi kelompok di depan kelas!

Tahap 5: Menganalisis dan Mengevaluasi Proses

Tuliskan kesimpulan yang didapatkan berdasarkan diskusi yang telah dilakukan!

1. Pengaruh konsentrasi terhadap laju reaksi

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

2. Pengaruh suhu terhadap laju reaksi

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

3. Pengaruh luas permukaan terhadap laju reaksi

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

4. Pengaruh katalis terhadap laju reaksi

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