

BUKU AJAR KIMIA

Untuk Guru

Model *Scientific Critical Thinking* (SCT)

Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis
dan *Self Efficacy*

LAJU REAKSI



XI
SMA/MA
SEMESTER 1



Program Studi Pendidikan Kimia
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Universitas Lambung Mangkurat
Banjarmasin 2020

Rusmansyah
Abdul Hamid

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis berikan kepada Allah SWT, karena berkat limpahan rahmat, dan hidayah-Nya serta syafaat Rasulullah SAW, sehingga penulis dapat menyelesaikan buku ajar guru Kimia pada materi laju reaksi.

Buku ajar guru ini disajikan dengan menggunakan model pembelajaran *Scientific Critical Thinking (SCT)*. Penggunaan model *SCT* ini dalam buku ajar guru ini diharapkan dapat meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis dan *Self Efficacy*. Materi ajar guru ini disusun berdasarkan kurikulum 2013, di mana kurikulum tersebut dirancang untuk memperkuat kompetensi peserta didik dari sisi pengetahuan, keterampilan dan sikap secara utuh.

Buku ajar guru ini dapat diselesaikan dengan bantuan dari berbagai pihak yang telah banyak memberikan dukungan dan bantuannya. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan buku ajar ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, saran dan masukan yang membangun terhadap penyusunan materi ajar ini sangat diharapkan. Penulis berharap semoga buku ajar guru Kimia ini dapat memberikan manfaat bagi para peserta didik, guru dan semua pihak di lingkungan pendidikan.

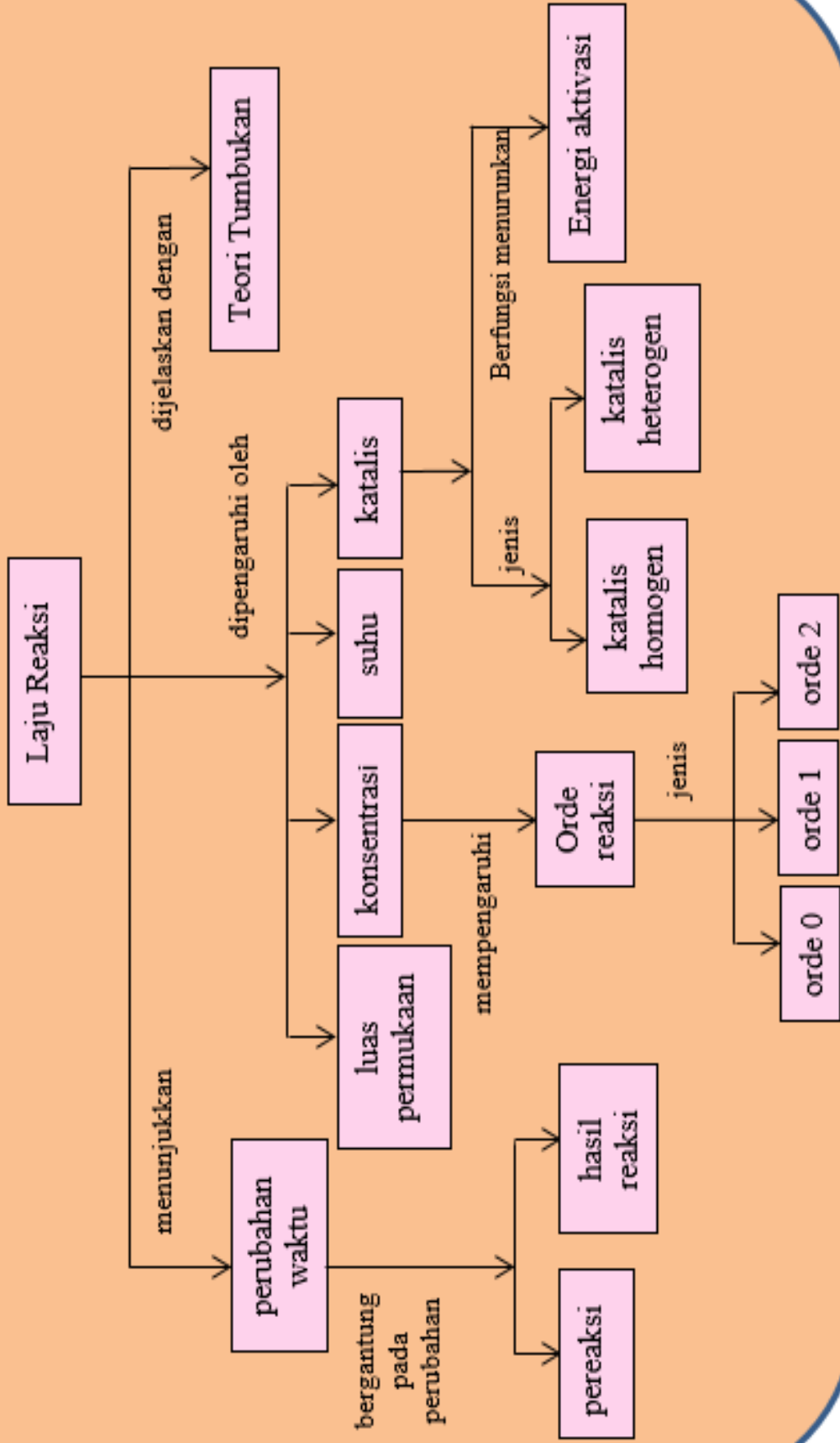
Banjarmasin, September 2020

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iii
PETA KONSEP	3
Kegiatan Pembelajaran 1: Laju Reaksi dan Teori Tumbukan	1
A. Laju Reaksi	2
B. Laju Reaksi Rata-rata dan Laju Reaksi Sesaat	5
C. Teori Tumbukan.....	6
1. Posisi/Orientasi Molekul	6
2. Energi Kinetik Tumbukan	7
Aktivitas Ilmiah.....	8
Tugas Berpikir Kritis	13
Rangkuman.....	16
Ayo Latihan.....	17
Kegiatan Pembelajaran 2: Faktor-faktor laju Reaksi	19
A. Faktor Laju Reaksi	20
1. konsentrasi	20
2. Luas Permukaan	20
3. Suhu	21
4. Luas Permukaan	23
Aktivitas Ilmiah	24
Tugas Berpikir Kritis.....	33
Rangkuman.....	37
Ayo Latihan	38
Kegiatan Pembelajaran 3: Hukum Laju dan Mekanisme Reaksi	40
A. Hukum Laju	41
1. Hukum Laju dan Orde Reaksi	41
2. Menentukan Hukum Laju dengan Metode Laju Reaksi Awal.....	42
3. Hukum Laju dalam Bentuk Diferensial dan Integral	45
4. Konsep Waktu Paruh.....	47
5. Persamaan Arrhenius	49
B. Mekanisme Reaksi.....	51
Aktivitas Ilmiah	54
Tugas Berpikir Kritis.....	61
Rangkuman.....	65
Ayo Latihan	66
DAFTAR PUSTAKA	68
GLOSARIUM	69

PETA KONSEP



KEGIATAN PEMBELAJARAN I

Laju Reaksi dan Teori Tumbukan



Gambar 1.1 Kembang api

INDIKATOR PEMBELAJARAN:

Keterampilan Berpikir Kritis:

1. Menganalisis reaksi yang berlangsung berdasarkan teori tumbukan.
2. Menginterpretasikan contoh reaksi kimia dan menentukan apakah reaksi berlangsung cepat atau lambat.
3. Mengevaluasi kecepatan dalam pembentukan endapan.
4. Memberikan informasi perubahan konsentrasi reaksi dari kurva laju reaksi.
5. Melakukan praktikum tentang perbandingan laju reaksi antara 2 reaksi.

Self Efficacy:

Memiliki keyakinan untuk mampu menginferensi laju reaksi dan menganalisis teori tumbukan berdasarkan:

1. Pengalaman keberhasilan (*mastery experiences*).
2. Pengalaman orang lain (*vicarious experiences*).
3. Persuasi verbal (*verbal persuasion*).
4. Kondisi fisiologis (*physiological and affective states*).

KATA KUNCI

- ❖ Laju Reaksi
- ❖ Molaritas
- ❖ Laju Sesaat
- ❖ Laju Rata-rata
- ❖ Tumbukan
- ❖ Energi Aktivasi

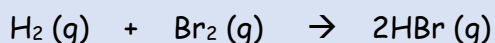
Fase 1: Orientasi Peserta Didik

1. Peserta didik memperhatikan tujuan pembelajaran, arahan mengenai pembelajaran, dan penilaian keterampilan berpikir kritis dan *self-efficacy* yang disampaikan guru.
2. Peserta didik membentuk kelompok yang heterogen (4-5 peserta didik) dan menerima LKPD yang diberikan oleh guru.

A. Laju Reaksi

Reaksi kimia adalah suatu proses yang mengubah suatu sistem dari keadaan awal yang terdiri atas zat-zat pereaksi menjadi suatu keadaan akhir yang berupa hasil-hasil reaksi. Dapat tidaknya suatu reaksi berlangsung dinilai secara termodinamika melalui perbedaan energi bebas antara keadaan awal dan keadaan akhir. Jika energi bebas hasil reaksi jauh lebih rendah daripada energi bebas pereaksi, maka reaksi akan dapat berlangsung, sedangkan bila sebaliknya reaksi tidak dapat berlangsung.

Reaksi-reaksi yang berdasar pertimbangan termodinamika akan berlangsung, masih terdapat masalah, berapa waktu yang diperlukan semenjak pereaksi-pereaksi dicampur agar keseluruhan pereaksi berubah menjadi hasil reaksi secara sempurna. Ada reaksi yang dalam berlangsung cepat, seperti halnya bila direaksikan gas H_2 dan gas Br_2 di bawah sinar matahari:



Reaksi di atas berlangsung begitu cepat dengan melepaskan kalor yang besar, hingga terjadi ledakan.

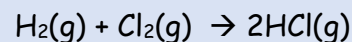


Sumber: Dokumentasi pribadi

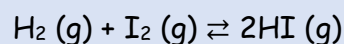
Gambar 1.1 Reaksi oksidasi kembang api berlangsung dengan laju reaksi yang cepat

Contoh lain dari reaksi kimia yang berlangsung cepat adalah sebagai berikut:

1. Pengendapan kimia yang berlangsung cepat
2. Pengendapan garam dalam air (hasil reaksi antara ion positif dan ion negatif) misal:
 $Ag^+(aq) + Cl^-(aq) \rightarrow AgCl(s)$ dan
 $Ba^{2+}(aq) + SO_4^{2-}(aq) \rightarrow BaSO_4(s)$
3. Reaksi pembakaran bensin;
4. Reaksi gas H_2 dan Cl_2 di bawah sinar matahari:



Ada pula reaksi yang berlangsung lambat, untuk dapat dinyatakan selesai. Sebagai contoh adalah reaksi yang bentuknya mirip dengan reaksi yang di atas, yaitu:



Reaksi tersebut berlangsung cukup lambat hingga perkembangannya dapat diikuti dari waktu ke waktu. Contoh lain dari reaksi kimia yang berlangsung lambat adalah sebagai berikut: (1) reaksi peragian tape, fermentasi air teh manis

peragian tape, fermentasi air teh manis dalam pembuatan kombucha tea, dan (2) reaksi perkaratan pada besi.



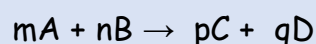
Sumber: Dokumentasi pribadi

Gambar 1.2 Reaksi perkaratan besi di udara berlangsung dengan kaju reaksi yang lambat

Karena itu diperlukan suatu ukuran untuk menyatakan laju suatu reaksi kimia. Laju reaksi menyatakan besarnya perubahan konsentrasi zat pereaksi atau produk reaksi per satuan waktu. Secara sistematis dapat ditulis sebagai berikut:

$$v = \frac{\Delta[A]}{t}$$

Pendefinisian laju reaksi lebih lanjut dapat kita perhatikan pada persamaan stoikiometri berikut:



Berdasarkan persamaan tersebut laju reaksi diungkapkan sebagai berkurangnya pereaksi A atau B dan bertambahnya produk C atau D tiap satuan waktu. Dalam hal ini berlaku bahwa perbandingan laju reaksi dari masing-masing zat yang terlibat dalam reaksi sama dengan perbandingan koefisien reaksi dari masing-masing zat tersebut, sehingga:

$$\text{Laju Pengurangan B} = \frac{n}{m} \times \text{laju berkurangnya A}$$

$$\text{Laju Pertambahan C} = \frac{p}{m} \times \text{laju berkurangnya A}$$

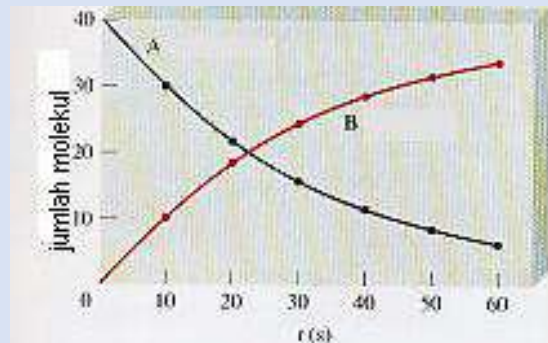
$$\text{Laju Pertambahan D} = \frac{q}{m} \times \text{laju berkurangnya A}$$

Untuk membedakan pengurangan dan pertambahan laju reaksi, laju pengurangan bertanda negatif dan laju pertambahan bertanda positif.

$$\text{Laju pengurangan A} = - \frac{\Delta[A]}{\Delta t} = - \frac{1}{n} \frac{\Delta[B]}{\Delta t} = \frac{1}{p} \frac{\Delta[C]}{\Delta t} = \frac{1}{q} \frac{\Delta[D]}{\Delta t}$$

Dengan v = laju reaksi, $\Delta[A]$ = perubahan konsentrasi, dan t = waktu.

zat pereaksi atau produk reaksi umumnya menggunakan kemolaran (molaritas). Molaritas didefinisikan sebagai jumlah mol zat terlarut dalam 1 liter larutan, dengan satuan mol/L. Jika satuan periode waktu reaksi adalah detik, maka diperoleh satuan laju reaksi sebagai mol L⁻¹ detik⁻¹

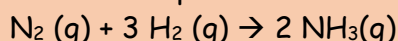


Sumber: Glencoe Science

Gambar 1.3 Laju reaksi A→B, ditunjukkan dengan berkurangnya molekul A dan bertambahnya molekul B dalam satu satuan waktu

Contoh Soal 1.1 Laju Reaksi Penguraian

Persamaan reaksi dari pembentukan ammonia adalah:



Jika diketahui pada suatu t, laju pertambahan NH_3 adalah 0,05 M/s, maka tentukan:

- Perbandingan laju reaksi ketiga zat
- Laju pengurangan N_2 dan H_2

Jawab:

Diketahui $v \text{NH}_3 = 0,05 \text{ M/s}$

- Perbandingan laju ketiga zat dinyatakan sebagai:

$$v \text{N}_2 = \frac{1}{3} v \text{H}_2 = \frac{1}{2} v \text{NH}_3$$

- Laju pengurangan N_2 ($v \text{N}_2$) adalah

$$v \text{N}_2 = \frac{1}{2} v \text{NH}_3 = \frac{1}{2} v 0,05 = 0,025 \text{ M/s}$$

Laju pengurangan H_2 ($v \text{H}_2$) adalah

$$\frac{1}{3} v \text{H}_2 = \frac{1}{2} v \text{NH}_3$$
$$v \text{H}_2 = \frac{3}{2} v \text{NH}_3 = \frac{3}{2} v 0,05 = 0,075 \text{ M/s}$$

UJI PEMAHAMAN

- Persamaan reaksi dari pembentukan ammonia yaitu:



Jika diketahui pada suatu t, laju pertambahan N_2 adalah 0,24 M/s, maka tentukan:

- Perbandingan laju reaksi NH_3 , O_2 , N_2 dan H_2O
- Laju pengurangan NH_3 dan O_2
- Laju pertambahan H_2O

Jawaban: Diketahui $v \text{N}_2 = 0,24 \text{ M/s}$

- Perbandingan laju NH_3 , O_2 , N_2 dan H_2O dinyatakan sebagai:

$$\frac{1}{4} v \text{NH}_3 = \frac{1}{3} v \text{O}_2 = \frac{1}{2} v \text{N}_2 = \frac{1}{6} v \text{H}_2\text{O}$$

- Laju pengurangan NH_3 ($v \text{NH}_3$) adalah

$$\frac{1}{4} v \text{NH}_3 = \frac{1}{2} v \text{N}_2$$
$$v \text{NH}_3 = \frac{4}{2} v \text{N}_2 = \frac{1}{2} 0,24 = 0,12 \text{ M/s}$$

Laju pengurangan O_2 ($v \text{O}_2$) adalah

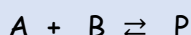
$$\frac{1}{3} v \text{O}_2 = \frac{1}{2} v \text{N}_2$$
$$v \text{O}_2 = \frac{3}{2} v \text{N}_2 = \frac{3}{2} 0,24 = 0,36 \text{ M/s}$$

- Laju pertambahan H_2O ($v \text{H}_2\text{O}$) adalah

$$\frac{1}{6} v \text{H}_2\text{O} = \frac{1}{2} v \text{N}_2$$
$$v \text{H}_2\text{O} = \frac{6}{2} v \text{N}_2 = \frac{6}{2} 0,24 = 0,72 \text{ M/s}$$

B. Laju reaksi rata-rata dan Laju reaksi sesaat

Bagi suatu reaksi umum:



Andaikan bahwa dalam suatu selang waktu tertentu, yaitu antara waktu t dan $t + \Delta t$, konsentrasi P bertambah dari $[P]$ menjadi $[P] + \Delta[P]$. Artinya, dalam waktu Δt terjadi pertambahan konsentrasi P sebesar $\Delta[P]$, sehingga dapat didefinisi laju reaksi rata-rata (\bar{r}) selama selang waktu tersebut:

$$\bar{r} = \frac{\Delta[P]}{\Delta t}$$

Sebagai mana halnya dengan mobil, yang kecepatan rata-ratanya dapat didefinisikan sebagai jarak yang ditempuh dibagi dengan waktu untuk menempuhnya, maka **laju rata-rata** suatu

reaksi dapat didefinisikan pula melalui jumlah atau konsentrasi hasil reaksi yang dihasilkan dibagi dengan waktu yang diperlukan untuk menghasilkannya.

Reaksi berlangsung seiring berjalannya waktu dan kelajuannya semakin lama akan semakin lambat dan akan berlangsung sampai waktu tak hingga. Laju reaksi pada waktu tertentu disebut laju reaksi sesaat dan dapat ditentukan jika Δt dibuat kecil hingga mendekati nol, dirumuskan:

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta[R]}{\Delta t} = -\frac{d[P]}{dt}$$

Keterangan:

v = laju reaksi

$\Delta[R]$ = perubahan konsentrasi reaktan

$d[P]$ = perubahan konsentrasi produk

Δt dan dt = perubahan waktu.

Contoh Soal 1.2 Laju Reaksi Sesaat

Pada suhu 35°C , senyawa PQ terurai menjadi P dan Q . konsentrasi PQ mula-mula $0,50 \text{ mol/L}$, dan setelah 20 detik tersisa $0,20 \text{ mol/L}$. tentukan laju reaksi rata-rata selama 20 detik pertama!

Jawab: persamaan reaksi $PQ \rightarrow P + Q$

$$\bar{r} = \frac{\Delta[PQ]}{\Delta t} = \frac{(0,20 - 0,50)}{(20 - 0)} = \frac{-0,30}{20} = 1,5 \text{ mol/s}$$

UJI PEMAHAMAN

2. Data percobaan reaksi $2 A \rightarrow 4 B + C$ yaitu:

Waktu (menit)	Konsentrasi A (M)	Konsentrasi B (M)
0	1,000	0,000
10	0,800	0,400
20	0,667	0,667
30	0,371	0,858

Hitunglah laju reaksi rata-rata (r) pengurangan A dan penambahan B selama:

- 10 menit pertama
- 20 menit pertama
- 20 menit, dari menit ke-10 hingga menit ke-30

Jawaban

a. Laju pengurangan A rata-rata selama 10 pertama

$$\bar{r} = \frac{\Delta[A]}{\Delta t} = \frac{(0,800 - 1,000)}{(10 - 0)} = \frac{-0,200}{10} = -0,020 \text{ M/s}$$

Laju pertambahan B rata-rata selama 10 menit pertama

$$\bar{r} = \frac{\Delta[B]}{\Delta t} = \frac{(0,400 - 0,000)}{(10 - 0)} = \frac{0,400}{10} = 0,040 \text{ M/s}$$

b. Laju pengurangan A rata-rata selama 20 menit pertama

$$\bar{r} = \frac{\Delta[A]}{\Delta t} = \frac{(0,667 - 1,000)}{(20 - 0)} = \frac{-0,333}{20} = -0,01665 \text{ M/s}$$

Laju pertambahan B rata-rata selama 20 menit pertama

$$\bar{r} = \frac{\Delta[B]}{\Delta t} = \frac{(0,667 - 0,000)}{(20 - 0)} = \frac{0,667}{20} = 0,03335 \text{ M/s}$$

c. Laju pengurangan A rata-rata selama 20 menit, dari menit ke-10 hingga menit ke-30

$$\bar{r} = \frac{\Delta[A]}{\Delta t} = \frac{(0,371 - 0,800)}{(30 - 10)} = \frac{-0,429}{20} = -0,02145 \text{ M/s}$$

Laju pertambahan B rata-rata selama 20 menit, dari menit ke-10 hingga menit ke-30

$$\bar{r} = \frac{\Delta[B]}{\Delta t} = \frac{(0,858 - 0,400)}{(30 - 10)} = \frac{0,458}{20} = 0,0229 \text{ M/s}$$

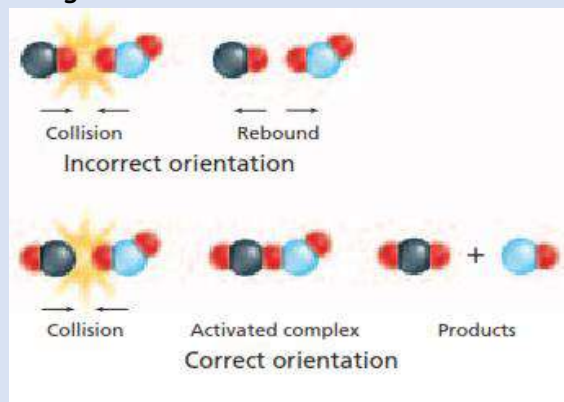
C. Teori Tumbukan

Suatu reaksi kimia terjadi apabila terjadi interaksi antara molekul-molekul pereaksi atau terjadi tumbukan antara molekul-molekul pereaksi. Namun tidak semua tumbukan antar molekul pereaksi akan menghasilkan zat hasil reaksi. Hanya tumbukan efektif yang akan menghasilkan zat hasil reaksi. Keefektifan suatu tumbukan tergantung pada posisi molekul-molekul dan energi kinetik yang dimilikinya.

1. Posisi/Orientasi Molekul

Molekul pereaksi dalam wadahnya selalu bergerak kesegala arah, dan berkemungkinan besar bertumbukan satu sama lain, baik dengan molekul yang sama maupun berbeda. Tumbukan itu dapat memutuskan ikatan dalam molekul preaksi

dan kemudian membentuk ikatan baru yang menghasilkan molekul hasil reaksi. Akan tetapi, tidak semua tumbukan menghasilkan molekul hasil reaksi.



Sumber: Glencoe Science

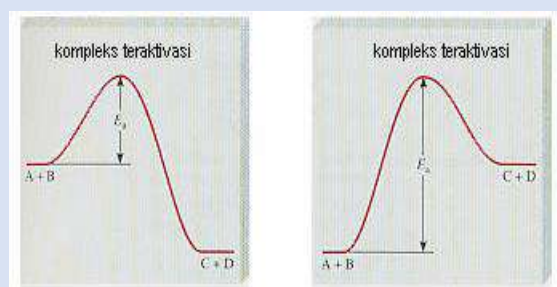
Gambar 1.4 Tumbukan yang efektif terjadi bila spesi-spesi yang bereaksi memiliki arah orientasi yang tepat. Molekul yang bereaksi haruslah memiliki arah orientasi yang tepat. Jika arah

orientasi molekul yang bertumbukan tepat, maka akan terbentuk kompleks teraktivasi dan dengan segera akan menjadi molekul hasil reaksi. Sedangkan jika arah orientasi molekul yang bertumbukan tidak tepat, maka tidak akan terbentuk kompleks teraktivasi dan produk, melainkan tetap menjadi molekul pereaksi.

2. Energi Kinetik Tumbukan

Bila telah terjadi tumbukan molekul pereaksi, walaupun sudah bertumbukan langsung dengan posisi yang efektif, tetapi ternyata energi tumbukannya kurang maka tidak akan terjadinya reaksi. Energi tumbukan pereaksi harus dapat membuat awan elektron kedua atom yang bertumbukan saling tumpang tindih sehingga akan terbentuk ikatan baru. Mengapa untuk tumpang tindih atom diperlukan energi? Jawabannya karena orbital kulit terluar atom mengandung elektron yang saling tolak-menolak. Dengan energi tumbukan yang cukup maka orbital akan langsung saling tumpang tindih lalu bergabung sehingga kedua atom yang bertumbukan akan tarik-menarik. Dengan kata lain, energi kinetik telah berubah menjadi energi potensial (gaya tarik-menarik). Besarnya energi minimum yang harus dimiliki oleh molekul pereaksi agar tumbukan antar molekul menghasilkan zat hasil reaksi disebut **energi aktivasi (E_a)**.

Energi aktivasi suatu reaksi dibedakan untuk reaksi eksoterm dan endoterm. Profil diagram energi pada reaksi eksoterm dan endoterm diberikan pada gambar 1.5 di bawah ini:

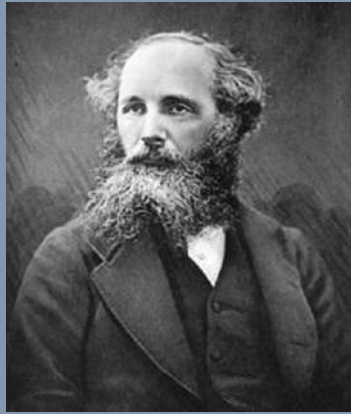


Sumber: Glencoe Science

Gambar 1.5 Energi pengaktifan untuk reaksi eksoterm (kiri) dan reaksi endoterm (kanan)

Menurut hukum mekanika, bahwa energi total (jumlah energi kinetik dan energi potensial) harus konstan. Berdasarkan Gambar 1.5, pada saat terbentuknya ikatan baru (C-D), masih terdapat ikatan lama (A-B). Berarti pada saat itu, terdapat dua ikatan (A-B dan C-D). Keadaan seperti itu hanya sesaat dan tidak stabil, maka keadaan tersebut disebut *keadaan transisi* atau *kompleks teraktivasi* yang mempunyai tingkat energi lebih tinggi daripada keadaan awal.

Terbentuknya ikatan baru (C-D) adalah akibat gaya tarik-menarik (energi potensial), dan proses ini akan melepaskan sejumlah energi. Energi tersebut sebagian atau seluruhnya akan dipakai untuk memutuskan ikatan lama (A-B). Selama proses pemutusan, terjadi penurunan tingkat energi sistem, karena terbentuk ikatan baru yang energinya lebih rendah. Suatu reaksi terdapat tiga keadaan yaitu keadaan awal (pereaksi), keadaan transisi, dan keadaan akhir (hasil reaksi)/ Keadaan transisi selalu lebih tinggi daripada dua keadaan yang lain, tetapi keadaan awal dapat lebih tinggi atau lebih rendah daripada keadaan akhir. Bila keadaan awal lebih tinggi, reaksi menghasilkan kalor atau eksoterm. Dan bila sebaliknya, maka reaksi adalah menyerap kalor atau endoterm.



Sang Ilmuwan

James C. Maxwell dan rekannya Ludwig Boltzmann telah berhasil membuat hubungan matematis antara jumlah molekul dengan kecepatannya yang disebut *distribusi Maxwell-Boltzmann*. Distribusi kecepatan tersebut menunjukkan energi kinetik molekul bergantung pada massa partikel dan suhu.

Fase 2: Aktivitas Ilmiah

Peserta didik melaksanakan percobaan untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan *self-efficacy*.

Lembar Kegiatan Peserta Didik I

Saat malam tahun baru, Adi menyalakan kembang api di balkon rumahnya. Setelah Adi membakar sumbu pada kembang api, dia bergegas mengulurkan kembang api ke atas, karena kembang api sangat cepat menyala. Pada saat dia asik bermain kembang api, dia terkejut melihat saluran air di atap rumahnya telah berkarat. Adi ingat bahwa salah satu zat yang terkandung dalam kembang api adalah magnesium, sedangkan saluran air terbuat dari logam seng. Berdasarkan dua kejadian itu, Adi bingung dan penasaran mengapa terdapat reaksi yang berjalan cepat dan lambat. Hingga keesokan harinya, Andi bertanya pada gurunya di sekolah, dan gurunya menyuruh Andi membuktikan sendiri dengan cara mereaksikan logam Mg dan juga Zn dengan larutan HCl. Bantulah Andi untuk menjawab rasa penasarannya!

PANDUAN:

- 0 = Tidak yakin
- 1 = Yakin 1%-25%
- 2 = Yakin 26%-50%
- 3 = Yakin 51%-75%, dan
- 4 = Yakin 76%-100%

Analisis

- Buatlah rumusan masalah berdasarkan fenomena di atas!
Bagaimana laju reaksi antara logam Mg dan larutan HCl jika dibandingkan dengan laju reaksi antara logam Zn dan larutan HCl?

Apakah kamu yakin dengan jawabanmu?

Mastery Experiences

Tingkat Keyakinan atas Jawaban	0	1	2	3	4
--------------------------------	---	---	---	---	---

2. Tuliskan hipotesis sebagai jawaban sementara dari rumusan masalah yang telah dibuat!

Inferensi

Laju reaksi logam Mg dengan larutan HCl lebih besar daripada laju reaksi antara logam Zn dengan larutan HCl.

Apakah kamu yakin dengan jawabanmu?

Mastery Experiences

Tingkat Keyakinan atas Jawaban	0	1	2	3	4
--------------------------------	---	---	---	---	---

3. Berdasarkan alat dan bahan yang telah disediakan, rancanglah suatu percobaan tentang kecepatan reaksi antara logam Mg dan Zn dengan larutan HCl!

a. Alat dan bahan:

- Alat:

No.	Alat	Jumlah (buah)
1	Tabung reaksi	2
2	Gelas ukur	1
3	Pipet tetes	1

- Bahan

No.	Bahan	Jumlah
1	Larutan HCl 2M	8 mL
2	Pita Mg	0,5 gram
3	Pita Zn	0,5 gram

Inferensi

b. Tujuan percobaan:

Mengetahui laju reaksi antara logam Mg dan larutan HCl jika dibandingkan dengan laju reaksi antara logam Zn dan larutan HCl

Apakah kamu yakin dengan jawabanmu?

Mastery Experiences

Tingkat Keyakinan atas Jawaban	0	1	2	3	4
--------------------------------	---	---	---	---	---

c. Variabel percobaan

Analisis

Variabel manipulasi: Logam yang direaksikan

Variabel kontrol: Volume dan konsentrasi larutan HCl, massa logam yang direaksikan

Variabel respon: waktu yang dibutuhkan sampai logam habis bereaksi

Apakah kamu yakin dengan jawabanmu?

Mastery Experiences

Tingkat Keyakinan atas Jawaban	0	1	2	3	4
--------------------------------	---	---	---	---	---

4. Buatlah alur kerja berdasarkan prosedur percobaan berikut!

1. Siapkan semua alat dan bahan!
2. Beri label tabung reaksi dengan huruf "A" dan "B"!
3. Masukkan HCl 2M ke dalam dua tabung reaksi, masing-masing 4 mL!
4. Masukkan 0,5 gram pita Mg ke dalam tabung reaksi A!
5. Nyalakan *stopwatch* saat memasukkan pita!
6. Catat waktu yang diperlukan sampai pita Mg habis bereaksi!
7. Lakukan langkah 4-6 untuk pita Zn!
8. Catat semua hasil pengamatanmu ke dalam tabel hasil pengamatan!

Interprestasi

Alur kerja:

a.

Larutan HCl 2M

- Dimasukkan ke dalam tabung reaksi A
- Ditambahkan pita Mg
- Diukur waktu yang dibutuhkan sampai pita Mg habis bereaksi

Waktu

b.

Larutan HCl 2M

- Dimasukkan ke dalam tabung reaksi B
- Ditambahkan pita Zn
- Diukur waktu yang dibutuhkan sampai pita Zn habis bereaksi

Waktu

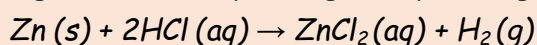
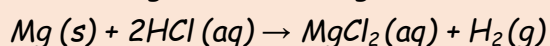
5. Tulislah data hasil pengamatan ke dalam tabel berikut!

Percobaan Ke	Waktu (t) sampai pita habis bereaksi (s)	Laju Reaksi (1/t)
1	70	0,14
2	190	0,005

6. Analisislah data yang diperoleh dengan menjawab pertanyaan berikut:

- a. Senyawa apa sajakah yang terbentuk pada kedua reaksi tersebut? Tuliskan persamaan reaksinya!

Larutan $MgCl_2$, $ZnCl_2$ dan gas H_2



Interprestasi

Apakah kamu yakin dengan jawabanmu?

Mastery Experiences

Tingkat Keyakinan atas Jawaban	0	1	2	3	4
--------------------------------	---	---	---	---	---

b. Senyawa apa sajakah yang semakin habis bereaksi?

Bagaimana cara kamu mengetahui hal itu?

Evaluasi

Logam Mg, logam Zn, larutan HCl. Cara mengetahuinya yaitu dengan melihat logam Mg dan logam Zn yang semakin habis / hilang.

Apakah kamu yakin dengan jawabanmu?

Mastery Experiences

Tingkat Keyakinan atas Jawaban	0	1	2	3	4
--------------------------------	---	---	---	---	---

c. Reaksi manakah yang berlangsung lebih cepat?

Mengapa hal tersebut terjadi?

Analisis

Reaksi yang berlangsung lebih cepat adalah reaksi antara pita Mg dengan larutan HCl. Hal tersebut terjadi karena logam Mg memiliki sifat yang lebih reaktif daripada logam Zn.

Apakah kamu yakin dengan jawabanmu?

Mastery Experiences

Tingkat Keyakinan atas Jawaban	0	1	2	3	4
--------------------------------	---	---	---	---	---

d. Seiring berjalannya waktu, bagaimana keberadaan reaktan dan produk? Jelaskan!

Seiring berjalannya waktu reaktan yaitu larutan HCl, logam Mg, dan logam Zn habis, sedangkan produk yang terbentuk adalah larutan $MgCl_2$ dan gas H_2 semakin bertambah sampai akhirnya tetap / tidak bertambah.

Interpretasi

Apakah kamu yakin dengan jawabanmu?

Mastery Experiences

Tingkat Keyakinan atas Jawaban	0	1	2	3	4
--------------------------------	---	---	---	---	---

e. Berdasarkan keberadaan reaktan dan produk, bagaimana cara menyatakan laju reaksi secara matematis?

$$v = + \frac{[\text{produk}]}{t} \quad \text{atau} \quad v = - \frac{[\text{reaktan}]}{t}$$

Apakah kamu yakin dengan jawabanmu?

Mastery Experiences

Tingkat Keyakinan atas Jawaban	0	1	2	3	4
--------------------------------	---	---	---	---	---

f. Buatlah kesimpulan berdasarkan percobaan yang telah dilakukan!

Inferensi

Hipotesis diterima. Laju reaksi logam Mg dengan larutan HCl lebih besar daripada laju reaksi logam Zn dengan larutan HCl.

Apakah kamu yakin dengan jawabanmu?

Mastery Experiences

Tingkat Keyakinan atas Jawaban	0	1	2	3	4
--------------------------------	---	---	---	---	---

Setelah kamu menyelesaikan LKPD I, jawablah pertanyaan berikut berkaitan dengan *self efficacy* yang kamu miliki!

Mastery Experiences

1. Apakah guru sudah memfasilitasi kamu dalam menyelesaikan permasalahan di LKPD I?

Ya	Tidak
✓	

2. Apakah kamu yakin telah berhasil dalam menyelesaikan permasalahan di LKPD I?

Tingkat Keyakinan atas Jawaban	0	1	2	3	4
--------------------------------	---	---	---	---	---

Vicarious Experiences

3. Selama proses penyelidikan bersama teman kelompok, apakah kamu yakin dapat melakukan penyelidikan dengan baik?

Tingkat Keyakinan atas Jawaban	0	1	2	3	4
--------------------------------	---	---	---	---	---

4. Ketika kamu melihat temanmu yang telah menyelesaikan tugas pada LKPD I, apakah kamu juga yakin dapat menyelesaikannya?

Tingkat Keyakinan atas Jawaban	0	1	2	3	4
--------------------------------	---	---	---	---	---

Verbal Persuasion

5. Apakah gurumu pernah memujimu karena dapat menyelesaikan tugas-tugas pada LKPD I?

Ya	Tidak
✓	

6. Apakah temanmu pernah memujimu karena dapat menyelesaikan tugas-tugas pada LKPD I?

Ya	Tidak
✓	

Physiological and Affective States

7. Apakah kamu menikmati saat mengerjakan tugas-tugas pada LKPD I?

Ya	Tidak
✓	

8. Apakah gurumu membuat kamu merasa nyaman dan tidak stress selama pembelajaran?

Ya	Tidak
✓	

Fase 3: Presentasi hasil aktivitas ilmiah

1. Peserta didik menyajikan/mengomunikasikan hasil aktivitas ilmiah ke klasikal/ke kelompok lain.
2. Peserta didik melakukan internalisasi konsep, keterampilan berpikir kritis dan *self-efficacy* peserta didik melalui kegiatan presentasi

Fase 4: Penyelesaian tugas berpikir kritis

Peserta didik mengerjakan tugas lanjutan berupa Tugas Berpikir Kritis yang harus diselesaikan secara individu sebagai tahap meningkatkan keterampilan berpikir kritis yang sudah dimilikinya serta meningkatkan *self-efficacy* peserta didik.

Lembar Kegiatan Peserta Didik II: Tugas Berpikir Kritis

Jawablah pertanyaan berikut secara individu!

- a. Kemukakan beberapa contoh reaksi kimia dalam kehidupan sehari-hari. Setiap contoh yang kamu kemukakan, nyatakan apakah reaksi berlangsung cepat atau lambat.

Interprestasi

Reaksi yang berjalan cepat: reaksi pembakaran bensin, pembakaran kembang api

Reaksi yang berjalan lama: reaksi peragian tape, fermentasi, reaksi perkaratan besi.

Mastery Experiences

Apakah kamu yakin dengan jawabanmu?

Tingkat Keyakinan atas Jawaban	0	1	2	3	4
--------------------------------	---	---	---	---	---

- b. Kelajuan reaksi antara natrium tiosulfat dengan asam klorida dapat ditentukan dengan mengukur waktu yang dibutuhkan untuk menghasilkan endapan. Apakah cara seperti itu dapat digunakan untuk reaksi magnesium dengan asam klorida? Jelaskan alasanmu!

Evaluasi

Tidak, karena indikator terjadinya reaksi antara larutan asam klorida dengan natrium tiosulfat dan magnesium berbeda. Larutan asam klorida dan magnesium menghasilkan gas H_2 yang ditandai dengan munculnya gelembung. Penentuan laju reaksinya ditentukan dengan mengukur waktu yang dibutuhkan sampai logam Mg hilang/ habis dan tidak muncul lagi gelembung gas H_2 .

Mastery Experiences

Apakah kamu yakin dengan jawabanmu?

Tingkat Keyakinan atas Jawaban	0	1	2	3	4
--------------------------------	---	---	---	---	---

- c. Bagaimana suatu reaksi dapat berlangsung bila dilihat dari teori tumbukan? Jelaskan!

Analisis

Suatu reaksi dapat berlangsung apabila terjadi tumbukan yang efektif antara molekul-molekul pereaksi. Tumbukan efektif terjadi ketika orientasi tumbukannya tepat dan memiliki energi yang cukup, dimana energi kinetiknya sama dengan atau lebih dari energi aktivasinya.

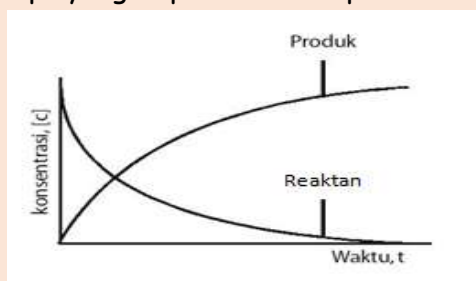
Mastery Experiences

Apakah kamu yakin dengan jawabanmu?

Tingkat Keyakinan atas Jawaban	0	1	2	3	4
--------------------------------	---	---	---	---	---

- d. Grafik berikut menunjukkan perubahan konsentrasi yang terjadi pada reaksi: Reaktan \rightarrow Produk
Apa yang dapat kamu simpulkan berdasarkan grafik tersebut?

Inferensi



Sumber: Google.com

Kurva tersebut menunjukkan bahwa seiring berjalannya waktu konsentrasi produk bertambah, dan konsentrasi reaktan berkurang, sampai pada waktu tertentu tidak ada lagi pertambahan.

Mastery Experiences

Apakah kamu yakin dengan jawabanmu?

Tingkat Keyakinan atas Jawaban	0	1	2	3	4
--------------------------------	---	---	---	---	---

Setelah kamu menyelesaikan LKPD II, jawablah pertanyaan berikut berkaitan dengan *self efficacy* yang kamu miliki!

Mastery Experiences

1. Apakah guru sudah memfasilitasi kamu dalam menyelesaikan permasalahan di LKPD II?

Ya	Tidak
✓	

2. Apakah kamu yakin telah berhasil dalam menyelesaikan permasalahan di LKPD II?

Tingkat Keyakinan atas Jawaban	0	1	2	3	4
--------------------------------	---	---	---	---	---

Vicarious Experiences

3. Selama proses penyelidikan bersama teman kelompok, apakah kamu yakin dapat melakukan penyelidikan dengan baik?

Tingkat Keyakinan atas Jawaban	0	1	2	3	4
--------------------------------	---	---	---	---	---

4. Ketika kamu melihat temanmu yang telah menyelesaikan tugas pada LKPD II, apakah kamu juga yakin dapat menyelesaikannya?

Tingkat Keyakinan atas Jawaban	0	1	2	3	4
--------------------------------	---	---	---	---	---

Verbal Persuasion

5. Apakah gurumu pernah memujimu karena dapat menyelesaikan tugas-tugas pada LKPD II?

Ya	Tidak
✓	

6. Apakah temanmu pernah memujimu karena dapat menyelesaikan tugas-tugas pada LKPD II?

Ya	Tidak
✓	

Physiological and Affective States

7. Apakah kamu menikmati saat mengerjakan tugas-tugas pada LKPD II?

Ya	Tidak
✓	

8. Apakah gurumu membuat kamu merasa nyaman dan tidak stress selama pembelajaran?

Ya	Tidak
✓	

Fase 5: Evaluasi

Peserta didik mengevaluasi proses dan hasil dalam penyelesaian Tugas Berpikir Kritis dan *self-efficacy* yang mereka miliki.

1. Konsep apa saja yang belum kamu pahami?
 - Semua konsep telah saya pahami
 - Beberapa konsep yang belum saya pahami adalah laju reaksi sesaat, energi aktivasi
2. Kendala apa saja yang kamu hadapi selama melakukan percobaan?
 - Saya tidak menemui kendala apapun selama melakukan percobaan
 - Kendala yang saya hadapi selama melakukan percobaan adalah memotong pita Zn dan Mg agar didapat massa $\pm 0,5$ gram
3. Bagaimana kamu mengatasi kendala-kendala selama pembelajaran?
Cara mengatasi kendala tersebut yaitu dengan memotong pita Zn dan Mg yang kira-kira massanya melebihi 1 gram setelah itu dipotong kembali sedikit demi sedikit sambil ditimbang, begitu seterusnya sampai diperoleh massa $\pm 0,5$ gram
4. Apakah kamu dapat mengerjakan LKPD I dan II dengan baik dan yakin berhasil?
Ya, saya dapat mengerjakan LKPD I dan II dan yakin berhasil
5. Apakah kamu merasa keterampilan berpikir kritismu meningkat setelah mengikuti pembelajaran menggunakan Buku Ajar? Berikan alasanmu?
Ya, saya merasa keterampilan berpikir kritis saya meningkat karena saya bisa mengerjakan soal-soal berpikir kritis dengan baik
6. Apakah kamu merasa *self efficacy*-mu meningkat setelah mengikuti pembelajaran menggunakan Buku Ajar? Berikan alasanmu?
Ya, saya merasa *self efficacy* saya meningkat karena saya yakin soal-soal yang telah saya kerjakan benar

RANGKUMAN

1. Reaksi Kimia adalah suatu proses yang mengubah suatu sistem dari keadaan awal yang terdiri atas zat-zat pereaksi menjadi suatu keadaan akhir yang berupa hasil-hasil reaksi.
2. Laju Reaksi adalah besarnya perubahan konsentrasi zat pereaksi atau produk reaksi per satuan waktu. Secara sistematis dapat ditulis sebagai berikut:

$$v = \frac{\Delta[M]}{t}$$

Dengan v = laju reaksi, $\Delta[M]$ = perubahan konsentrasi, dan t = waktu.

3. Molaritas didefinisikan sebagai jumlah mol zat terlarut dalam 1 liter larutan, dengan satuan mol/L
4. Laju rata-rata suatu reaksi dapat didefinisikan pula melalui jumlah atau konsentrasi hasil reaksi yang dihasilkan dibagi dengan waktu yang diperlukan untuk menghasilkannya.
5. Energi aktivasi (E_a) adalah besarnya energi minimum yang harus dimiliki oleh molekul pereaksi agar tumbukan antar molekul menghasilkan zat hasil reaksi.

Ayo Latihan

1. Berdasarkan reaksi : $2\text{N}_2\text{O}_5(\text{g}) \rightarrow 4\text{NO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$, diketahui bahwa N_2O_5 berkurang dari 2 mol/liter menjadi 0,5 mol/liter dalam waktu 10 detik. Berapakah laju reaksi berkurangnya N_2O_5 ? **(Skor 20)**

Jawaban:

$$v_{\text{N}_2\text{O}_5} = \frac{\Delta[\text{N}_2\text{O}_5]}{\Delta t}$$

$$v_{\text{N}_2\text{O}_5} = \frac{2-0,5}{10}$$

$$v_{\text{N}_2\text{O}_5} = 0,15 \text{ M/detik}$$

2. Suatu logam besi direaksikan dengan asam menurut persamaan kimia berikut:
 $2\text{Fe}(\text{s}) + 6\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq}) \rightarrow \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3(\text{aq}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 3\text{SO}_2(\text{g})$
 Jika diketahui pada suatu t, laju pertambahan $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ adalah 0,3 M/s, maka tentukan:
 - a. Perbandingan laju reaksi Fe, H_2SO_4 , $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, H_2O dan SO_2
 - b. Laju pengurangan Fe dan H_2SO_4
 - c. Laju pertambahan SO_2 **(Skor 30)**

Jawaban:

$$\text{Diketahui } v_{\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3} = 0,3 \text{ M/s}$$

- a. Perbandingan laju reaksi Fe, H_2SO_4 , $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, H_2O dan SO_2 :

$$\frac{1}{2} v_{\text{Fe}} = \frac{1}{6} v_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{1}{1} v_{\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3} = \frac{1}{6} v_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{1}{3} v_{\text{SO}_2}$$

- b. Laju pengurangan Fe (v_{Fe}) adalah

$$\frac{1}{2} v_{\text{Fe}} = \frac{1}{1} v_{\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3}$$

$$v_{\text{Fe}} = \frac{2}{1} v_{\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3} = \frac{2}{1} 0,3 = 0,6 \text{ M/s}$$

Laju pengurangan H_2SO_4 ($v_{\text{H}_2\text{SO}_4}$) adalah

$$\frac{1}{6} v_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{1}{1} v_{\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3}$$

$$v_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{6}{1} v_{\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3} = \frac{6}{1} 0,3 = 1,8 \text{ M/s}$$

c. Laju pertambahan SO_2 ($v SO_2$) adalah

$$\frac{1}{3} v SO_2 = \frac{1}{1} v Fe_2(SO_4)_3$$

$$v SO_2 = \frac{3}{1} v Fe_2(SO_4)_3 = \frac{3}{1} 0,3 = 0,9 M/s$$

3. Data percobaan reaksi $2 N_2O_5(g) \rightarrow 4 NO_2(g) + O_2(g)$ yaitu:

Waktu (menit)	Konsentrasi N_2O_5 (M)	Konsentrasi NO_2 (M)
0	1,000	0,000
5	0,700	0,350
10	0,667	0,667
15	0,371	0,858

Hitunglah laju reaksi rata-rata (r) pengurangan N_2O_5 dan pertambahan NO_2 selama:

- 5 menit pertama
- 10 menit, dari menit ke-5 hingga menit ke-15 (**Skor 30**)

Jawaban

a. Laju pengurangan N_2O_5 rata-rata selama 5 pertama

$$\bar{r} = \frac{\Delta[N_2O_5]}{\Delta t} = \frac{(0,700 - 1,000)}{(5 - 0)} = \frac{-0,300}{5} = -0,06 M/s$$

Laju pertambahan NO_2 rata-rata selama 5 menit pertama

$$\bar{r} = \frac{\Delta[NO_2]}{\Delta t} = \frac{(0,350 - 0,000)}{(5 - 0)} = \frac{0,350}{5} = 0,07 M/s$$

b. Laju pengurangan N_2O_5 rata-rata selama 10 menit, dari menit ke-5 hingga menit ke-15

$$\bar{r} = \frac{\Delta[N_2O_5]}{\Delta t} = \frac{(0,371 - 0,700)}{(15 - 5)} = \frac{-0,329}{10} = -0,0329 M/s$$

Laju pertambahan NO_2 rata-rata selama 10 menit, dari menit ke-5 hingga menit ke-15

$$\bar{r} = \frac{\Delta[NO_2]}{\Delta t} = \frac{(0,858 - 0,350)}{(15 - 5)} = \frac{0,458}{10} = 0,0458 M/s$$

4. Mengapa untuk tumpang tindih atom diperlukan energi? (**Skor 20**)

Jawaban

karena orbital kulit terluar atom mengandung elektron yang saling tolak-menolak. Dengan energi tumbukan yang cukup maka orbital akan langsung saling tumpang tindih lalu bergabung sehingga kedua atom yang bertumbukan akan tarik-menarik. Dengan kata lain, energi kinetik telah berubah menjadi energi potensial (gaya tarik-menarik).

KEGIATAN PEMBELAJARAN II

Faktor-Faktor Laju Reaksi



Gambar 2.1 Api yang dibakar dengan kayu besar dan kecil

INDIKATOR PEMBELAJARAN:

Keterampilan Berpikir Kritis:

1. Menginterpretasi pengaruh faktor konsentrasi terhadap laju reaksi
2. Mengevaluasi pengaruh luas permukaan terhadap laju reaksi
3. Menganalisis energi kinetik dengan pengaruh suhu terhadap laju reaksi
4. Menginferensi energi aktivasi dengan pengaruh katalis terhadap laju reaksi
5. Melakukan praktikum tentang faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi

Self Efficacy:

Memiliki keyakinan untuk mampu menganalisis faktor-faktor laju reaksi berdasarkan:

1. Pengalaman keberhasilan (*mastery experiences*).
2. Pengalaman orang lain (*vicarious experiences*).
3. Persuasi verbal (*verbal persuasion*).
4. Kondisi fisiologis (*physiological and affective states*).

KATA KUNCI

- ❖ Konsentrasi
- ❖ Luas Permukaan
- ❖ Suhu
- ❖ Katalis
- ❖ Katalis heterogen
- ❖ Katalis Homogen

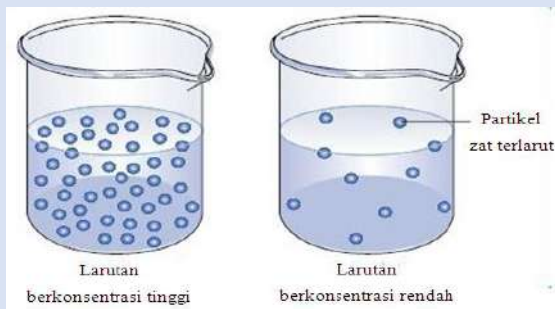
Fase 1: Orientasi Peserta Didik

1. Peserta didik memperhatikan tujuan pembelajaran, arahan mengenai pembelajaran, dan penilaian keterampilan berpikir kritis dan *self-efficacy* yang disampaikan guru.
2. Peserta didik membentuk kelompok yang heterogen (4-5 peserta didik) dan menerima LKPD yang diberikan oleh guru.

A. Faktor Laju Reaksi

1. Konsentrasi

Salah satu prinsip dasar dari teori tumbukan adalah bahwa partikel harus bertumbukan untuk dapat bereaksi. Reaksi terjadi jika partikel pereaksi saling bertumbukan efektif. Laju reaksi akan lebih cepat terjadi jika tumbukan efektif antar partikel zat yang bereaksi lebih banyak. Konsentrasi menyatakan jumlah mol zat terlarut yang terkandung dalam larutan. Pengaruh konsentrasi pereaksi berkaitan dengan jumlah partikel yang terlibat dalam tumbukan efektif.



Sumber: Google.com

Gambar 2.3 Jumlah partikel pada larutan berkonsentrasi tinggi dan rendah

Konsentrasi pereaksi yang besar mengandung jumlah partikel yang lebih banyak daripada konsentrasi yang kecil. Jumlah partikel yang semakin banyak memungkinkan semakin banyak pula tumbukan efektif yang terjadi.

Laju reaksi umumnya naik dengan bertambahnya konsentrasi pereaksi dan turun dengan berkurangnya konsentrasi pereaksi. Sebagai contoh, rokok terbakar lebih cepat kadar oksigen dinaikkan dari 21% (di udara terbuka) menjadi 100% (di dalam wadah tertutup yang berisi oksigen murni).



Sumber: Dokumentasi pribadi

Gambar 2.2 Rokok terbakar perlahan di udara terbuka

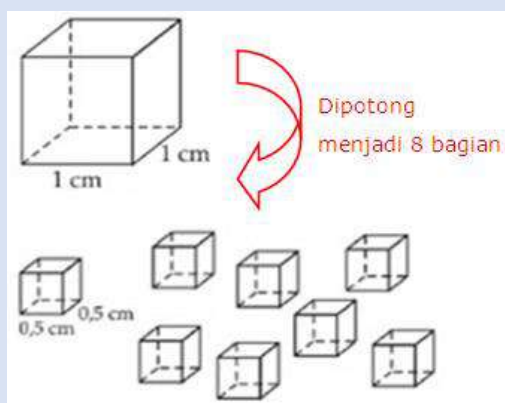
Rokok di udara terbuka terbakar dengan perlahan sedangkan di dalam wadah yang berisi gas O_2 murni rokok akan terbakar cepat disertai dengan nyala api yang hebat. Jika Anda pernah berada di dekat orang yang menggunakan botol oksigen atau melihat pengatur oksigen, Anda mungkin memperhatikan tanda peringatan dilarang merokok atau menggunakan pemantik api. Tingginya konsentrasi oksigen dapat menyebabkan reaksi pembakaran terjadi pada kecepatan yang sifatnya meledak.

2. Luas Permukaan

Suatu zat akan bereaksi apabila bercampur dan bertumbukan. Reaksi dapat terjadi antara reaktan-reaktan

yang fasenya sama misalnya, cair dengan cair, padat dengan padat, gas dengan gas ataupun yang fasenya berbeda misalnya cair dengan padat. Pada pencampuran reaktan yang terdiri dari dua fase atau lebih atau reaksi heterogen seperti zat padat dan zat cair, tumbukan berlangsung pada bagian permukaan (*interface*) zat yang bereaksi.

Luas permukaan menyatakan jumlah luas seluruh permukaan/bidang suatu bangun ruang atau dalam hal ini adalah partikel. Pengaruh luas permukaan berkaitan dengan area sentuhan ketika partikel saling bertumbukan efektif. Partikel yang kecil berukuran kecil mempunyai luas permukaan yang lebih besar dibandingkan partikel yang berukuran besar. Permukaan yang lebih luas memungkinkan semakin banyak area/tempat terjadinya tumbukan efektif.



Sumber: Google.com

Gambar 2.4 Luas permukaan kubus sebelum dipotong dan setelah dipotong

Reaksi akan lebih cepat jika partikel pereaksi berukuran kecil, dan sebaliknya reaksi akan berjalan lebih lambat jika partikel berukuran besar. Sebagai contoh, api unggun dibuat dengan menggunakan kayu balok yang telah

dibelah. Kayu yang telah dibelah-belah akan lebih mudah terbakar daripada kayu balok yang masih utuh.



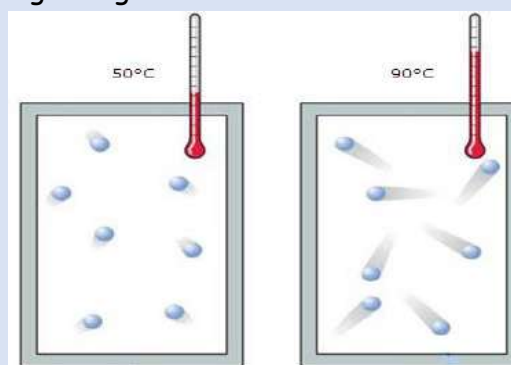
Sumber: Google.com

Gambar 2.5 Kayu yang telah dibelah-belah lebih cepat terbakar

3. Suhu

Partikel-partikel suatu benda atau zat senantiasa selalu bergerak. Pergerakan tersebut disebabkan karena partikel mempunyai energi kinetik. Ketika partikel suatu pereaksi bergerak dan bertumbukan dengan partikel pereaksi lain maka akan terjadi reaksi.

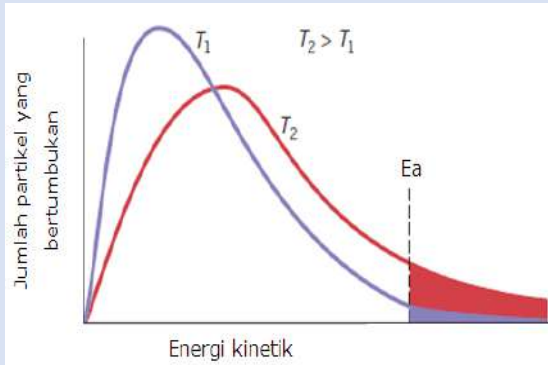
Suhu menyatakan derajat panas dinginnya suatu benda. Kalor atau panas yang dimiliki benda bersuhu tinggi menyebabkan energi kinetik partikelnya juga tinggi sehingga bergerak lebih cepat. Pengaruh suhu terhadap laju reaksi berkaitan dengan energi kinetik partikel yang saling bertumbukan efektif.



Sumber: Google.com

Gambar 2.6 Pergerakan partikel pada suhu rendah dan tinggi

Partikel yang memiliki energi kinetik yang tinggi akan bergerak lebih cepat dan dapat mengimbangi energi aktivasinya (E_a) ketika bertumbukan. Semakin banyak partikel yang mempunyai energi kinetik yang tinggi memungkinkan semakin banyak terjadi tumbukan efektif.



Sumber: Glencoe Science

Gambar 2.7 Jumlah partikel yang mempunyai energi yang cukup untuk bereaksi pada suhu T_1 dan T_2

energi tumbukan yang tinggi pada suhu T_2 adalah lebih besar daripada di suhu yang rendah, T_1 . Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa suhu meningkatkan banyaknya tumbukan efektif yang terjadi dalam reaksi.

Reaksi yang terjadi pada suhu tinggi akan lebih cepat daripada reaksi pada suhu rendah. Sebagai contoh, makanan kentang akan lebih cepat masak jika digoreng dalam minyak panas dibandingkan jika direbus dalam air. Hal ini karena suhu minyak panas lebih tinggi dibandingkan suhu air mendidih.



Gambar 2.8 Kentang yang digoreng dalam minyak panas lebih cepat matang

UJI PEMAHAMAN

Mengapa makanan yang disimpan di dalam kulkas menjadi lebih bertahan lama? Jelaskan!

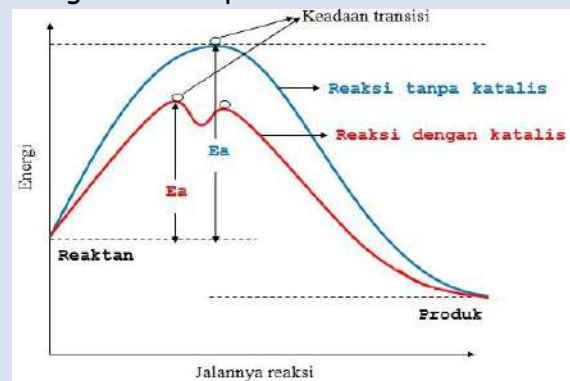
Karena suhu di dalam kulkas lebih rendah daripada suhu di ruang terbuka. Jika makanan diletakkan di ruang terbuka maka rentan terhadap kontaminasi dengan bakteri yang menyebabkan pembusukan, sehingga jika makanan diletakkan di dalam kulkas maka reaksi pembusukan tersebut lebih lambat karena bakteri menjadi nonaktif pada suhu rendah. Oleh karena itu makanan menjadi tahan lama.

4. Katalis

Jika reaksi tertentu tidak cukup cepat pada suhu normal, maka dapat dipercepat dengan meningkatkan suhu reaksi. Namun, kadang-kadang hal tersebut tidak berhasil misalnya sel makhluk hidup dapat bertahan pada rentang suhu cukup rendah, dan metabolisme tubuh manusia umumnya terjadi pada suhu relatif tetap yaitu 37°C. Banyak reaksi biokimia yang begitu rumit dalam tubuh berlangsung terlalu lambat pada suhu ini jika tanpa ada campur tangan zat lain. Sel tubuh bekerja hanya disebabkan dalam tubuh banyak mengandung zat yang dinamakan enzim. Sehingga mampu meningkatkan laju reaksi biokimia dalam tubuh. Enzim merupakan katalis biokimia dalam sel makhluk hidup yang membantu mengendalikan reaksi-reaksi biokimia.

Katalis adalah zat yang dapat memperbesar laju reaksi, tetapi tidak mengalami perubahan kimia secara permanen, sehingga pada akhir reaksi zat tersebut dapat diperoleh kembali. Pengaruh katalis terhadap laju reaksi terkait dengan E_a . Katalis yang digunakan memberikan suatu mekanisme reaksi atau jalan baru dengan nilai E_a yang lebih rendah dibandingkan E_a reaksi tanpa katalis. Dengan E_a yang lebih rendah, maka lebih banyak partikel yang memiliki energi kinetik yang cukup untuk bertumbukan efektif. Meskipun katalis menurunkan energi aktivasi reaksi, tetapi tidak mempengaruhi perbedaan energi antara produk dan pereaksi. Dengan kata lain, penggunaan katalis tidak akan

mengubah entalpi reaksi.



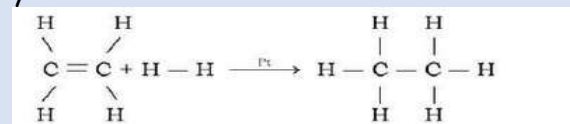
Sumber: Glencoe Science

Gambar 2.9 Energi aktivasi reaksi dengan katalis dan tanpa katalis

Katalis dapat digolongkan sebagai katalis homogen dan katalis heterogen. Katalis homogen adalah katalis yang berada dalam fase yang sama dengan pereaksi. Sedangkan katalis heterogen berada dalam fase yang berbeda dengan pereaksi dan biasanya berbentuk padatan.

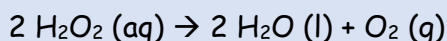
a. Katalis heterogen

Katalis heterogen biasanya melibatkan pereaksi fase gas pada permukaan padat, yaitu adsorpsi dan absorpsi. Adsorpsi merujuk pada penyerapan zat pada permukaan zat lain, sedangkan absorpsi penyerapan zat menembus ke dalam zat lain. Contoh penggunaan katalis heterogen yaitu dalam reaksi hidrogenasi hidrokarbon tak jenuh. Hidrogenasi dalam proses industri digunakan untuk mengubah lemak tak jenuh seperti minyak menjadi lemak jenuh seperti mentega dimana ikatan rangkap dua $C=C$ diubah menjadi ikatan tunggal $C-C$ dengan penambahan hidrogen. Contoh sederhana hidrogenasi adalah etilena diubah menjadi etana dengan bantuan katalis platina. Persamaan reaksinya yaitu:



b. Katalis homogen

Suatu katalis dapat dikatakan sebagai katalis homogen jika fasenya sama dengan fase pereaksi. Contoh katalis homogen adalah larutan HBr. Ion Br⁻ dalam larutan HBr mengkatalisis penguraian larutan hidrogen peroksida.



Katalis homogen fase gas misalnya gas nitrogen monoksida (NO) yang mengkatalisis ozon di atmosfer bumi. Di lapisan atmosfer bawah yang dekat dengan permukaan bumi, gas NO mengkatalisis pembentukan ozon, sedangkan di lapisan atmosfer bagian atas, gas NO mengkatalisis penguraian ozon.

TAHUKAH KAMU?

Gas buangan bereaksi diubah menjadi CO₂ dengan bantuan katalis

Gas CO₂ keluar

Material katalis: Al₂O₃, CeO₂, Pt

Reaksi utama:
 $\text{CO} + \frac{1}{2} \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$
 $\text{H}_2\text{C}_2 + 3 \text{O}_2 \rightarrow 2\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
 $\text{CO} + \text{NOX} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{N}_2$

Gas buangan (HC, CO, NOX) masuk

Converter katalitik pada sistem pembuangan gas kendaraan bermotor menggunakan katalis heterogen gas buangan dilewatkan melalui konverter yang mengandung katalis padat katalis tersebut membantu mengubah gas buangan menjadi gas yang lebih berdampak kecil terhadap lingkungan.

Fase 2: Aktivitas Ilmiah

Peserta didik melaksanakan percobaan untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan *self-efficacy*.

Lembar Kegiatan Peserta Didik I

Gas CO₂ dapat terbentuk dari reaksi kimia, salah satunya dari reaksi antara senyawa yang mengandung CaCO₃ atau NaHCO₃ dengan suatu asam. Contoh senyawa yang mengandung CaCO₃ adalah batu marmer, sedangkan senyawa yang mengandung NaHCO₃ adalah soda kue. Hasil dari reaksi di atas akan menghasilkan gelembung gas yang berupa CO₂. Anton mencoba mereaksikan senyawa yang mengandung senyawa CaCO₃ dengan suatu asam dengan konsentrasi yang bervariasi. Hasil reaksi yang berupa gas CO₂ ditempatkan dalam balon, ternyata kecepatan balon mengembang pada tiap konsentrasi tidak sama. Mengapa demikian? Coba bantulah Anton untuk menyelidiki kecepatan reaksi pembentukan gas CO₂ tersebut!

PANDUAN:

- 0 = Tidak yakin
 1 = Yakin 1%-25%
 2 = Yakin 26%-50%
 3 = Yakin 51%-75%, dan
 4 = Yakin 76%-100%

Analisis

1. Buatlah rumusan masalah berdasarkan fenomena di atas!

Bagaimana pengaruh konsentrasi larutan asam terhadap laju reaksi pembentukan gas CO_2 ?

Apakah kamu yakin dengan jawabanmu?

Mastery Experiences

Tingkat Keyakinan atas Jawaban	0	1	2	3	4
--------------------------------	---	---	---	---	---

2. Tuliskan hipotesis sebagai jawaban sementara dari rumusan masalah yang telah dibuat!

Semakin besar konsentrasi larutan asam, semakin besar laju reaksi pembentukan gas CO_2

Inferensi

Apakah kamu yakin dengan jawabanmu?

Mastery Experiences

Tingkat Keyakinan atas Jawaban	0	1	2	3	4
--------------------------------	---	---	---	---	---

3. Berdasarkan alat dan bahan yang telah disediakan, rancanglah suatu percobaan tentang pengaruh konsentrasi terhadap laju reaksi!

a. Alat dan bahan:

- Alat:

No.	Alat	Jumlah (buah)
1	Tabung reaksi	3
2	Stopwatch	1
3	Balon	3

- Bahan

No.	Bahan	Jumlah
1.	Larutan HCl 0,5M	5mL
2.	Larutan HCl 1M	5mL
3.	Larutan HCl 2M	5mL
4.	Bongkahan batu pualam ($CaCO_3$)	3 gram

b. Tujuan percobaan:

Mengetahui pengaruh konsentrasi larutan HCl terhadap laju reaksi

Analisis

Apakah kamu yakin dengan jawabanmu?

Mastery Experiences

Tingkat Keyakinan atas Jawaban	0	1	2	3	4
--------------------------------	---	---	---	---	---

c. Variabel percobaan

Variabel manipulasi : konsentrasi larutan HCl

Variabel respon : waktu yang diperlukan sampai balon berdiri tegak

Variabel kontrol : volume larutan HCl dan jumlah batu pualam

Analisis

Apakah kamu yakin dengan jawabanmu?

Mastery Experiences

Tingkat Keyakinan atas Jawaban	0	1	2	3	4
--------------------------------	---	---	---	---	---

4. Buatlah alur kerja berdasarkan prosedur percobaan berikut!

Interpretasi

1. Siapkan semua alat dan bahan!
2. Masukkan 5 mL larutan HCl 0,5M ke dalam tabung reaksi A, 5 mL larutan HCl 1M ke dalam tabung reaksi B dan 5 mL larutan HCl 2M ke dalam tabung reaksi C!
3. Masukkan masing-masing batu pualam ke dalam balon!
4. Pasangkan balon pada mulut tabung tanpa menjatuhkan isi batu pualam ke dalamnya!
5. Tuangkan isi balon pada tabung reaksi A, B, dan C secara bersamaan dan menghidupkan stopwatch!
6. Catat waktu sampai balon berdiri tegak!

Alur kerja:

5 mL Larutan HCl 0,5 M

Dimasukkan ke dalam tabung reaksi A
Dipasangkan balon yang telah berisi batu pualam ke mulut tabung tanpa menjatuhkan isi batu pualam ke dalamnya
Siapkan stopwatch
Tuangkan isi balon ke dalam tabung reaksi
Catat waktu yang dibutuhkan sampai balon mengembang

Waktu

5 mL Larutan HCl 1 M

Dimasukkan ke dalam tabung reaksi B
Dipasangkan balon yang telah berisi batu pualam ke mulut tabung tanpa menjatuhkan isi batu pualam ke dalamnya
Siapkan stopwatch
Tuangkan isi balon ke dalam tabung reaksi
Catat waktu yang dibutuhkan sampai balon mengembang

Waktu

5 mL Larutan HCl 2 M

Dimasukkan ke dalam tabung reaksi C
Dipasangkan balon yang telah berisi batu pualam ke mulut tabung tanpa menjatuhkan isi batu pualam ke dalamnya
Siapkan stopwatch
Tuangkan isi balon ke dalam tabung reaksi
Catat waktu yang dibutuhkan sampai balon mengembang

Waktu

5. Tulislah data hasil pengamatan ke dalam tabel berikut!

No.	Konsentrasi larutan HCl (M)	Waktu (t) sampai balon berdiri (s)	Laju Reaksi (1/t)
1.	0,5	10	0,1
2.	1	7	0,14
3.	1,5	4	0,25

Interpretasi

6. Analisislah data yang diperoleh dengan menjawab pertanyaan berikut:

- a. Senyawa apa sajakah yang terbentuk ketika CaCO_3 direaksikan dengan larutan HCl? Tuliskan persamaan reaksinya!

Interpretasi

Senyawa yang terbentuk adalah larutan CaCl_2 , gas CO_2 dan H_2O .

Persamaan reaksi:



Mastery Experiences

Apakah kamu yakin dengan jawabanmu?

Tingkat Keyakinan atas Jawaban	0	1	2	3	4
--------------------------------	---	---	---	---	---

- b. Apa yang menyebabkan balon mengembang? Balon manakah yang lebih cepat mengembang? Mengapa hal itu terjadi?

Analisis

Balon dapat berdiri karena terbentuknya gas CO_2 sebagai produk dari reaksi antara HCl dan CaCO_3 . Percobaan yang menyebabkan balon cepat berdiri adalah percobaan 3, dengan konsentrasi larutan HCl 1,5M. Karena semakin besar konsentrasi larutan maka jumlah partikel yang terkandung dalam larutan semakin banyak, sehingga kemungkinan terjadinya tumbukan efektif akan semakin besar. Oleh karena itu, laju reaksinya semakin besar.

Mastery Experiences

Apakah kamu yakin dengan jawabanmu?

Tingkat Keyakinan atas Jawaban	0	1	2	3	4
--------------------------------	---	---	---	---	---

- c. Bagaimana pengaruh konsentrasi larutan HCl terhadap laju reaksinya dengan CaCO_3 ? Hubungkan dengan teori tumbukan!

Semakin besar konsentrasi larutan HCl maka jumlah partikel yang terkandung dalam larutan semakin banyak, sehingga kemungkinan terjadinya tumbukan efektif akan semakin besar. Oleh karena itu, reaksi berlangsung lebih cepat dan laju reaksinya semakin besar, akibatnya gas CO_2 yang dihasilkan akan semakin banyak.

Apakah kamu yakin dengan jawabanmu?

Tingkat Keyakinan atas Jawaban	0	1	2	3	4
--------------------------------	---	---	---	---	---

- d. Gambarkan sebuah grafik dari data hasil percobaan yang kalian peroleh! Berdasarkan grafik yang kalian peroleh, bagaimanakah pengaruh konsentrasi terhadap laju pembentukan gas CO_2 ? Jelaskan!

Analisis



Grafik yang diperoleh merupakan grafik linier. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi semakin besar laju reaksi pembentukan gas CO_2 .

Mastery Experiences

Apakah kamu yakin dengan jawabanmu?

Tingkat Keyakinan atas Jawaban	0	1	2	3	4
--------------------------------	---	---	---	---	---

- e. Buatlah kesimpulan berdasarkan percobaan yang telah dilakukan!

Inferensi

Hipotesis diterima. Semakin besar konsentrasi larutan asam, semakin besar laju pembentukan gas CO_2 .

Mastery Experiences

Apakah kamu yakin dengan jawabanmu?

Tingkat Keyakinan atas Jawaban	0	1	2	3	4
--------------------------------	---	---	---	---	---

Lembar Kegiatan Peserta Didik II

Vitamin C adalah salah satu vitamin yang sangat penting bagi tubuh. Fungsi utama vitamin C adalah sebagai antioksidan yaitu menetralkan racun dan radikal bebas dalam darah maupun cairan sel tubuh. Vitamin C tersedia dalam berbagai bentuk seperti tablet, bubuk, maupun sirup disesuaikan dengan kebutuhan manusia. Febby penasaran mengenai bentuk vitamin C yang bermacam-macam, dan ingin mengetahui kecepatan reaksi dari masing-masing bentuk. Bantulah Febby untuk mengetahui kecepatan reaksi dari masing-masing bentuk sediaan vitamin C!

PANDUAN:

- 0 = Tidak yakin
- 1 = Yakin 1%-25%
- 2 = Yakin 26%-50%
- 3 = Yakin 51%-75%, dan
- 4 = Yakin 76%-100%

1. Buatlah rumusan masalah berdasarkan fenomena di atas!
Bagaimana pengaruh luas permukaan terhadap laju reaksi?

Analisis**Mastery Experiences**

Apakah kamu yakin dengan jawabanmu?

Tingkat Keyakinan atas Jawaban	0	1	2	3	4
--------------------------------	---	---	---	---	---

2. Tuliskan hipotesis sebagai jawaban sementara dari rumusan masalah yang telah dibuat!
Semakin besar luas permukaan, semakin besar laju reaksi

Inferensi**Mastery Experiences**

Apakah kamu yakin dengan jawabanmu?

Tingkat Keyakinan atas Jawaban	0	1	2	3	4
--------------------------------	---	---	---	---	---

3. Berdasarkan alat dan bahan yang telah disediakan, rancanglah suatu percobaan tentang pengaruh luas permukaan terhadap laju reaksi!
- a. Alat dan bahan:
- Alat:

No.	Alat	Jumlah (buah)
1	Gelas Kimia	2
2	Gelas Ukur 50mL	1
3	Stopwatch	1

- Bahan

No.	Bahan	Jumlah
1.	Aquades	60mL
2.	Vitamin C	2 butir
3.	Betadine	10 tetes

Analisis

- b. Tujuan percobaan:
Mengetahui pengaruh luas permukaan vitamin C terhadap laju reaksi

Mastery Experiences

Apakah kamu yakin dengan jawabanmu?

Tingkat Keyakinan atas Jawaban	0	1	2	3	4
--------------------------------	---	---	---	---	---

Analisis

c. Variabel percobaan

Variabel Manipulasi: *Bentuk vitamin C (tablet dan serbuk)*

Variabel Respon: *Waktu yang diperlukan sampai warna coklat hilang*

Variabel Kontrol: *Massa vitamin C, volume larutan iodine dan aquades*

Mastery Experiences

Apakah kamu yakin dengan jawabanmu?

Tingkat Keyakinan atas Jawaban	0	1	2	3	4
--------------------------------	---	---	---	---	---

4. Buatlah alur kerja berdasarkan prosedur percobaan berikut!

1. Siapkan semua alat dan bahan!
2. Masukkan masing-masing 30 mL aquades ke dalam 2 gelas kimia A dan B!
3. Tambahkan masing-masing 5 tetes betadine ke dalam gelas kimia tersebut!
4. Masukkan vitamin C berbentuk tablet ke dalam gelas kimia A!
5. Nyalakan stopwatch ketika vitamin C dimasukkan ke dalam gelas dan hentikan stopwatch apabila warna coklat pada larutan menghilang!
6. Ulangi langkah 3 dan 4 dengan mengganti vitamin C yang berbentuk serbuk!
7. Catat semua hasil pengamatan selama percobaan!

Alur kerja:

30 mL Akuades	30 mL Akuades
<ul style="list-style-type: none"> - Dimasukkan ke dalam gelas kimia - Ditambahkan 2 tetes betadine - Dimasukkan vitamin C berbentuk tablet - Nyalakan stopwatch - Catat waktu yang dibutuhkan sampai warna betadine hilang (menjadi tidak berwarna) 	<ul style="list-style-type: none"> - Dimasukkan ke dalam gelas kimia - Ditambahkan 2 tetes betadine - Dimasukkan vitamin C berbentuk serbuk - Nyalakan stopwatch - Catat waktu yang dibutuhkan sampai warna betadine hilang (menjadi tidak berwarna)
Waktu	Waktu

Interpretasi

5. Tulislah data hasil pengamatan ke dalam tabel berikut!

No.	Bentuk vitamin C	Waktu (t) sampai larutan iodine berubah warna (s)	Laju Reaksi (1/t)
1.	Tablet	$t = 28 \text{ s}$	0,036
2.	Serbuk	$t = 12 \text{ s}$	0,083

6. Analisislah data yang diperoleh dengan menjawab pertanyaan berikut:

- a. Perubahan apa yang terjadi sebelum dan sesudah reaksi pada percobaan diatas?

Interpretasi

Sebelum reaksi: larutan berwarna kecoklatan

Sesudah reaksi: warna coklat dari larutan iodin hilang / menjadi tidak berwarna. Karena terjadi reaksi antara iodin dengan vitamin C yang menghasilkan asam dehidroaskorbat dan larutan HI.

Mastery Experiences

Apakah kamu yakin dengan jawabanmu?

Tingkat Keyakinan atas Jawaban	0	1	2	3	4
--------------------------------	---	---	---	---	---

- b. Dari tabel pengamatan diatas, percobaan manakah yang mengalami perubahan warna larutan paling cepat? Jelaskan!

Analisis

Percobaan yang mengalami perubahan warna larutan paling cepat adalah yang ke 2, yaitu percobaan antara larutan iodin dengan vitamin C bentuk serbuk. Karena luas permukaan vitamin C bentuk serbuk lebih besar daripada bentuk tablet. Semakin besar luas permukaan vitamin C maka kemungkinan terjadinya tumbukan efektif akan semakin besar, sehingga reaksi berlangsung lebih cepat.

Mastery Experiences

Apakah kamu yakin dengan jawabanmu?

Tingkat Keyakinan atas Jawaban	0	1	2	3	4
--------------------------------	---	---	---	---	---

- c. Apa yang membedakan vitamin C yang berbentuk tablet dan yang berbentuk serbuk?

Analisis

Vitamin C yang berbentuk tablet dan serbuk berbeda dalam hal ukuran dan luas permukaannya. Jika zat tersebut kecil-kecil maka luas permukaannya semakin besar. Sebaliknya, jika zat tersebut berukuran besar maka luas permukaannya semakin kecil.

Mastery Experiences

Apakah kamu yakin dengan jawabanmu?

Tingkat Keyakinan atas Jawaban	0	1	2	3	4
--------------------------------	---	---	---	---	---

- d. Bagaimana pengaruh luas permukaan vitamin C terhadap laju reaksinya dengan betadine? Hubungkan dengan teori tumbukan!

Evaluasi

Luas permukaan vitamin C yang berbentuk serbuk lebih besar daripada bentuk tablet. Semakin besar luas permukaan suatu zat maka luas bidang sentuh zat semakin besar, sehingga area tempat terjadinya tumbukan efektif akan semakin banyak. Oleh karena itu, reaksi berlangsung lebih cepat dan laju reaksinya semakin besar. Vitamin C yang lebih cepat bereaksi dengan larutan iodin adalah yang berbentuk serbuk.

Mastery Experiences

Apakah kamu yakin dengan jawabanmu?

Tingkat Keyakinan atas Jawaban	0	1	2	3	4
--------------------------------	---	---	---	---	---

- e. Buatlah kesimpulan berdasarkan percobaan yang telah dilakukan!

Inferensi

Hipotesis diterima. Semakin besar luas permukaan, semakin besar laju reaksi

Mastery Experiences

Apakah kamu yakin dengan jawabanmu?

Tingkat Keyakinan atas Jawaban	0	1	2	3	4
--------------------------------	---	---	---	---	---

Setelah kamu menyelesaikan LKPD I dan II, jawablah pertanyaan berikut berkaitan dengan *self efficacy* yang kamu miliki!

Mastery Experiences

1. Apakah guru sudah memfasilitasi kamu dalam menyelesaikan permasalahan di LKPD I dan II?

Ya	Tidak
√	

2. Apakah kamu yakin telah berhasil dalam menyelesaikan permasalahan di LKPD I dan II?

Tingkat Keyakinan atas Jawaban	0	1	2	3	4
--------------------------------	---	---	---	---	---

Vicarious Experiences

3. Selama proses penyelidikan bersama teman kelompok, apakah kamu yakin dapat melakukan penyelidikan dengan baik?

Tingkat Keyakinan atas Jawaban	0	1	2	3	4
--------------------------------	---	---	---	---	---

4. Ketika kamu melihat temanmu yang telah menyelesaikan tugas pada LKPD I dan II, apakah kamu juga yakin dapat menyelesaikannya?

Tingkat Keyakinan atas Jawaban	0	1	2	3	4
--------------------------------	---	---	---	---	---

Verbal Persuasion

5. Apakah gurumu pernah memujimu karena dapat menyelesaikan tugas-tugas pada LKPD I?

Ya	Tidak
√	

6. Apakah temanmu pernah memujimu karena dapat menyelesaikan tugas-tugas pada LKPD I?

Ya	Tidak
✓	

Physiological and Affective States

7. Apakah kamu menikmati saat mengerjakan tugas-tugas pada LKPD I dan II?

Ya	Tidak
✓	

8. Apakah gurumu membuat kamu merasa nyaman dan tidak stress selama pembelajaran?

Ya	Tidak
✓	

Fase 3: Presentasi hasil aktivitas ilmiah

1. Peserta didik menyajikan/mengomunikasikan hasil aktivitas ilmiah ke klasikal/ke kelompok lain.
2. Peserta didik melakukan internalisasi konsep, keterampilan berpikir kritis dan *self-efficacy* peserta didik melalui kegiatan presentasi

Fase 4: Penyelesaian tugas berpikir kritis

Peserta didik mengerjakan tugas lanjutan berupa Tugas Berpikir Kritis yang harus diselesaikan secara individu sebagai tahap meningkatkan keterampilan berpikir kritis yang sudah dimilikinya serta meningkatkan *self-efficacy* peserta didik.

Lembar Kegiatan Peserta Didik III: Tugas Berpikir Kritis

Jawablah pertanyaan berikut secara individu!

Interpretasi

- a. Dua tabung reaksi yang berukuran kecil dan besar diisi dengan larutan HCl yang konsentrasinya sama yaitu 0,1 M. Ke dalam masing-masing tabung tersebut akan dituangkan 1 gram serbuk CaCO_3 dan gas yang dihasilkan akan ditampung dalam balon, apakah kedua balon akan mengembang bersamaan? Berikan alasanmu!

Tidak. Meskipun larutan HCl memiliki konsentrasi yang sama, massa dan bentuk CaCO_3 sama namun jumlah partikelnya berbeda. Hal tersebut disebabkan karena volume dari tabung reaksi yang berbeda. Tabung reaksi dengan volume yang besar memiliki jumlah partikel yang lebih banyak, sehingga pada tabung tersebut lebih banyak tumbukan efektif. Semakin banyak jumlah partikel yang bertumbukan efektif maka laju reaksi semakin besar.

Mastery Experiences

Apakah kamu yakin dengan jawabanmu?

Tingkat Keyakinan atas Jawaban	0	1	2	3	4
--------------------------------	---	---	---	---	---

- b. Reaksi yang ditambahkan katalis akan berjalan lebih cepat karena katalis berfungsi untuk menurunkan energi aktivasi (E_a). Benarkah pernyataan tersebut? Jelaskan!

Evaluasi

Salah. Katalis berfungsi untuk memberikan jalan lain yang memiliki energi aktivasi lebih rendah daripada sebelumnya. Dengan E_a yang lebih rendah maka semakin banyak partikel yang bertumbukan efektif sehingga reaksi semakin cepat.

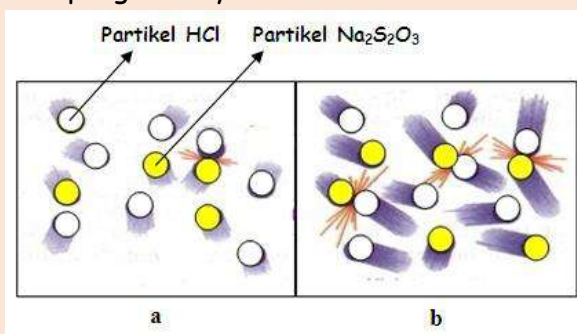
Mastery Experiences

Apakah kamu yakin dengan jawabanmu?

Tingkat Keyakinan atas Jawaban	0	1	2	3	4
--------------------------------	---	---	---	---	---

- c. Gambar dibawah merupakan tumbukan antara partikel HCl dan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$. Berdasarkan gambar terlihat bahwa tumbukan pada gambar b lebih banyak daripada gambar a. Apa yang mempengaruhinya? Jelaskan!

Analisis



Gambar b menunjukkan bahwa jumlah partikel $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ lebih banyak dan gerakannya lebih cepat yang berarti energi kinetiknya lebih besar. Sehingga kemungkinan terjadinya tumbukan efektif semakin besar, laju reaksi semakin besar. Artinya terdapat dua faktor yang mempengaruhi laju reaksi, yaitu konsentrasi dan suhu.

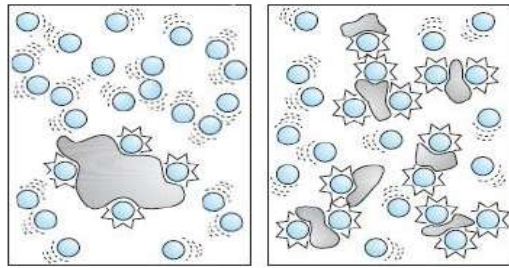
Mastery Experiences

Apakah kamu yakin dengan jawabanmu?

Tingkat Keyakinan atas Jawaban	0	1	2	3	4
--------------------------------	---	---	---	---	---

Inferensi

- d. Gambar disamping menunjukkan partikel pereaksi yang saling bertumbukan. Apa yang dapat kamu simpulkan berdasarkan gambar tersebut?



Semakin besar luas permukaan maka semakin luas area terjadinya tumbukan sehingga peluang terjadinya tumbukan yang efektif semakin besar, maka laju reaksi semakin besar.

Apakah kamu yakin dengan jawabanmu?

Mastery Experiences

Tingkat Keyakinan atas Jawaban	0	1	2	3	4
--------------------------------	---	---	---	---	---

Setelah kamu menyelesaikan LKPD III, jawablah pertanyaan berikut berkaitan dengan *self efficacy* yang kamu miliki!

Mastery Experiences

1. Apakah guru sudah memfasilitasi kamu dalam menyelesaikan permasalahan di LKPD III?

Ya	Tidak		
✓			

2. Apakah kamu yakin telah berhasil dalam menyelesaikan permasalahan di LKPD III?

Tingkat Keyakinan atas Jawaban	0	1	2	3	4
--------------------------------	---	---	---	---	---

Vicarious Experiences

3. Selama proses penyelidikan bersama teman kelompok, apakah kamu yakin dapat melakukan penyelidikan dengan baik?

Tingkat Keyakinan atas Jawaban	0	1	2	3	4
--------------------------------	---	---	---	---	---

4. Ketika kamu melihat temanmu yang telah menyelesaikan tugas pada LKPD III, apakah kamu juga yakin dapat menyelesaikannya?

Tingkat Keyakinan atas Jawaban	0	1	2	3	4
--------------------------------	---	---	---	---	---

Verbal Persuasion

5. Apakah gurumu pernah memujimu karena dapat menyelesaikan tugas-tugas pada

LKPD III?

Ya	Tidak
✓	

6. Apakah temanmu pernah memujimu karena dapat menyelesaikan tugas-tugas pada LKPD III?

Ya	Tidak
✓	

Physiological and Affective States

7. Apakah kamu menikmati saat mengerjakan tugas-tugas pada LKPD III?

Ya	Tidak
✓	

8. Apakah gurumu membuat kamu merasa nyaman dan tidak stress selama pembelajaran?

Ya	Tidak
✓	

Fase 5: Evaluasi

Peserta didik mengevaluasi proses dan hasil dalam penyelesaian Tugas Berpikir Kritis dan *self-efficacy* yang mereka miliki.

1. Konsep apa saja yang belum kamu pahami?
Semua konsep telah saya pahami
Beberapa konsep yang belum saya pahami adalah katalis, energi aktivasi
2. Kendala apa saja yang kamu hadapi selama melakukan percobaan?
Kendala yang dihadapi selama melakukan percobaan I adalah memasang balon pada mulut tabung agar balon tidak sobek
3. Bagaimana kamu mengatasi kendala-kendala selama pembelajaran?
Cara mengatasi kendala tersebut yaitu dengan memasang balon pada mulut tabung dengan hati-hati dan mengikatnya dengan tali atau karet agar tidak lepas. Apakah kamu dapat mengerjakan LKPD I dan II dengan baik dan yakin berhasil?
4. Apakah kamu dapat mengerjakan LKM I, II, dan III dengan baik dan yakin berhasil?

Ya, saya dapat mengerjakan LKM I, II dan III dengan baik dan yakin berhasil

5. Apakah kamu merasa keterampilan berpikir kritismu meningkat setelah mengikuti pembelajaran menggunakan Buku Ajar? Berikan alasanmu?

Ya, saya merasa keterampilan berpikir kritis saya meningkat karena saya bisa mengerjakan soal-soal berpikir kritis dengan baik

6. Apakah kamu merasa *self efficacy*-mu meningkat setelah mengikuti pembelajaran menggunakan Buku Ajar? Berikan alasanmu?

*Ya, saya merasa *self efficacy* saya meningkat karena saya yakin soal-soal yang telah saya kerjakan benar*

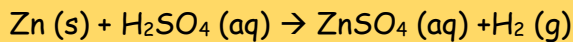
RANGKUMAN

1. Faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi yaitu:
 - a. Konsentrasi
 - b. luas permukaan
 - c. Suhu
 - d. Katalis
2. Laju reaksi dapat dipercepat dengan cara:
 - a. memperbesar konsentrasi pereaksi
 - b. menaikkan suhu
 - c. memperkecil ukuran zat padat
 - d. menggunakan katalis
3. Menurut teori tumbukan, reaksi akan terjadi ketika partikel pereaksi saling bertumbukan. Tumbukan antar partikel hanya terjadi apabila memiliki energi minimum tertentu dan arah yang tepat menghasilkan reaksi. Jadi kelajuan reaksi bergantung pada:
 - a. Frekuensi tumbukan
 - b. Fraksi partikel yang memiliki energi minimum tertentu
 - c. Fraksi partikel yang memiliki arah tumbukan yang sesuai
4. Tumbukan yang menghasilkan reaksi disebut tumbukan efektif.

Ayo Latihan

1. Sebutkan cara untuk mempercepat reaksi antara zink dengan larutan asam sulfat! (Skor 25)

Jawaban :



- Memperbanyak dan memperkecil ukuran Zn
 - Memanaskan asam
 - Menambah larutan CuSO_4
 - Memisahkan H_2
2. Proses perkaratan besi merupakan reaksi antara logam besi dengan air. Menurut Anda, proses perkaratan yang paling cepat akan terjadi antara logam besi dengan es, air atau uap air? (Skor 25)

Jawaban:

Proses perkaratan besi akan lebih cepat dengan uap air, karena uap air memiliki luas permukaan yang lebih besar dibandingkan es atau air. Permukaan yang lebih besar tersebut memungkinkan semakin banyak area/tempat terjadinya tumbukan efektif sehingga perkaratan akan lebih cepat.

3. Coba Anda lihat 2 gambar di bawah ini:



Sumber: Google.com

Gambar 1 jumlah kendaraan banyak Gambar 2 Jumlah kendaraan sedikit

Simpulkan hubungan gambar di atas dengan pengaruh konsentrasi terhadap laju reaksi berdasarkan teori tumbukan efektif! (Skor 25)

Jawaban:

Pada gambar 1 jumlah kendaraan banyak diibaratkan sebagai konsentrasi tinggi sedangkan gambar 2 jumlah kendaraan sedikit diibaratkan konsentrasi rendah. konsentrasi berbanding lurus dengan jumlah partikel, semakin tinggi konsentrasi maka semakin banyak kemungkinan tumbukan efektif yang menyebabkan semakin cepat reaksi terjadi. Semakin rendah konsentrasi maka kemungkinan tumbukan efektif semakin kecil yang menyebabkan semakin lambat reaksi terjadi.

4. Perhatikan gambar di bawah ini:



Gambar 3 Keju membusuk

Gambar di atas merupakan keju yang sudah membusuk. Upaya apakah yang dapat Anda lakukan untuk memperlambat pembusukan keju?. Hubungkan upaya tersebut dengan pengaruh suhu terhadap laju reaksi pembusukan! **(Skor 25)**

Jawaban:

Upaya yang dapat dilakukan untuk memperlambat pembusukan pada keju yaitu dengan cara menyimpan keju di dalam lemari pendingin atau kulkas. Hal itu dilakukan karena pada suhu rendah partikel-partikel memiliki energi kinetik yang lebih rendah pula. Kondisi ini tidak memungkinkan untuk terjadinya tumbukan efektif yang dapat mengubah pereaksi menjadi produk reaksi.

KEGIATAN PEMBELAJARAN III

Hukum Laju dan Mekanisme Reaksi



Gambar 1.1 Kembang Api

INDIKATOR PEMBELAJARAN: Keterampilan Berpikir Kritis:

1. Menganalisis hukum laju reaksi pada suatu reaksi
2. Menginterpretasikan orde reaksi pada suatu reaksi.
3. Mengevaluasi mekanisme reaksi.
4. Memberikan inferensi mekanisme reaksi
5. Melakukan praktikum tentang pengaruh suatu konsentrasi terhadap laju reaksi.

Self Efficacy:

Memiliki keyakinan untuk mampu menganalisis hukum laju reaksi dan menginferensi mekanisme reaksi berdasarkan:

1. Pengalaman keberhasilan (*mastery experiences*).
2. Pengalaman orang lain (*vicarious experiences*).
3. Persuasi verbal (*verbal persuasion*).
4. Kondisi fisiologis (*physiological and affective states*).

KATA KUNCI

- ❖ Pereaksi
- ❖ Hasil reaksi
- ❖ Orde reaksi
- ❖ Hukum laju reaksi
- ❖ Mekanisme reaksi

Fase 1: Orientasi Peserta Didik

1. Peserta didik memperhatikan tujuan pembelajaran, arahan mengenai pembelajaran, dan penilaian keterampilan berpikir kritis dan *self-efficacy* yang disampaikan guru.
2. Peserta didik membentuk kelompok yang heterogen (4-5 peserta didik) dan menerima LKPD yang diberikan oleh guru.

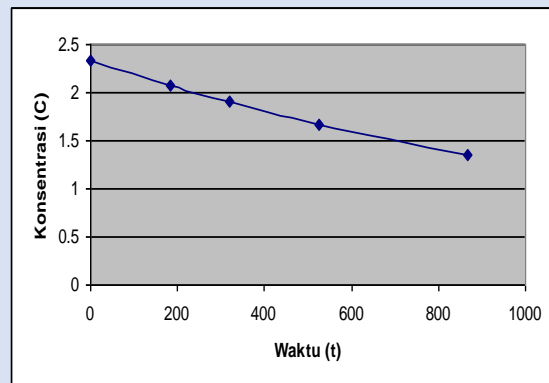
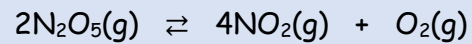
A. Hukum Laju

1. Hukum Laju dan Orde Reaksi

Laju reaksi dapat ditentukan jika konsentrasi pereaksi atau hasil reaksi selama reaksi berlangsung diketahui. Salah satu cara menentukannya adalah dengan mengukur cuplikan dari pereaksi pada berbagai waktu dan menganalisisnya. Wilhelmy (1850) mengukur laju inversi sukrosa dan meneliti pengaruh konsentrasi sukrosa terhadap laju reaksi. Hasil penelitian menunjukkan laju reaksi setiap saat (pada t tertentu) adalah sebanding dengan konsentrasi sukrosa yang tersisa pada saat t tertentu itu. Berthelot dan Gilles (1862) melakukan penelitian tentang kesetimbangan yang terjadi antara etanol, asam asetat, etil asetat dan air. Keduanya memperoleh simpulan bahwa laju reaksi juga dipengaruhi oleh hasil reaksi.

Berdasarkan hasil temuan Wilhelmy (1850), Berthelot dan Gilles (1862), bahwa laju reaksi setiap saat bergantung pada konsentrasi baik

pereaksi maupun hasil reaksi. ketergantungan laju reaksi pada konsentrasi pereaksi, perhatikan reaksi dekomposisi dinitrogen pentoksida.



Sumber: Dokumentasi pribadi

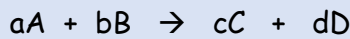
Gambar 3.1 Grafik perubahan konsentrasi N_2O_5 selama reaksi berlangsung

Data percobaan yang telah diperoleh dibuat sebuah grafik antara waktu dengan konsentrasi pereaksi seperti pada gambar 1.1. Melalui grafik yang telah dibuat dapat dianalisis bahwa :

1. Dari waktu ke waktu konsentrasi pereaksi N_2O_5 semakin menurun karena habis bereaksi
2. Laju reaksi $r = \frac{dC}{dt}$ adalah nilai kemiringan garis singgung terhadap kurva
3. Kurva hubungan antara variabel konsentrasi (C) dan variabel waktu (t) bukanlah sebuah garis yang linier tetapi sebuah kurva eksponensial
4. Fenomena eksponensial pada perubahan laju reaksi akibat perubahan konsentrasi memberikan makna fisik bahwa nilai laju reaksi (r) adalah setara dengan konsentrasi (C) berpangkat.

Hubungan antara laju reaksi dan konsentrasi pereaksi dinyatakan dengan

suatu persamaan yang disebut persamaan laju reaksi. Persamaan tersebut sebagai pernyataan hukum laju yang disebut juga hukum laju differensial. Sebagai gambaran umum, tinjau model untuk reaksi hipotetik antara zat A dan zat B menghasilkan zat C dan D berikut.



Persamaan laju reaksinya dinyatakan sebagai:

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

Pada persamaan laju, k disebut tetapan laju, yaitu tetapan keproporsionalan atau kesetaraan antara laju dan konsentrasi. Tetapan laju mempunyai nilai tertentu pada suhu tertentu, sedangkan pada suhu yang berbeda nilai k juga berbeda sehingga nilai k bergantung pada suhu percobaan

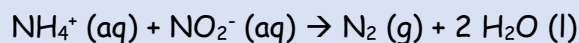
bergantung pada hukum laju. Semakin besar harga k maka reaksi akan berlangsung dengan kelajuan yang semakin besar.

Pangkat dari konsentrasi (m) dan (n) disebut tingkat reaksi atau orde reaksi bagi suatu zat. Makna fisik dari orde reaksi adalah derajat kontribusi suatu zat (pereaksi, hasil reaksi, atau zat lain) yang memiliki pengaruh terhadap kuantitas laju reaksi (r). Pangkat m dan n dapat berupa bilangan bulat positif, negatif, atau nol bahkan pecahan. Bilangan pangkat tersebut harus ditentukan secara percobaan dan tidak dapat diturunkan hanya dengan melihat koefisien reaksi. Jadi, hukum laju reaksi adalah hubungan antara variabel laju reaksi dengan konsentrasi-konsentrasi zat yang mempengaruhi nilai laju reaksi.

2. Menentukan Hukum Laju dengan Metode Laju Reaksi Awal

Metode umum yang digunakan untuk menentukan hukum laju secara percobaan adalah metode laju awal atau cara differensial. Laju awal reaksi adalah laju sesaat yang ditentukan ketika reaksi dimulai (setelah $t = 0,0$). Gagasan ini merupakan cara untuk menentukan laju sesaat sebelum konsentrasi awal pereaksi berubah secara signifikan.

Beberapa percobaan dilakukan menggunakan konsentrasi awal berbeda, dan laju awal ditentukan pada setiap kali percobaan dilakukan. Kemudian hasilnya dibandingkan antara percobaan satu dan lainnya untuk mengetahui bagaimana laju awal bergantung pada konsentrasi pereaksi. Sebagai gambaran metode laju awal, perhatikan reaksi berikut:



Percobaan ke-	Konsentrasi awal NH_4^+ (M)	Konsentrasi awal NO_2^- (M)	Laju reaksi awal (M/s)
1	0,100	0,005	$1,35 \times 10^{-7}$
2	0,100	0,010	$2,70 \times 10^{-7}$
3	0,200	0,010	$5,40 \times 10^{-7}$

Bentuk umum dari hukum laju reaksi di atas adalah:

$$r = k [\text{NH}_4^+]^m [\text{NO}_2^-]^n$$

Nilai m dan n dapat ditentukan melalui pengukuran laju awal yang bergantung pada konsentrasi awal NH_4^+ dan NO_2^- . Pada percobaan 1 dan 2, dengan konsentrasi awal NH_4^+ tetap sedangkan konsentrasi awal NO_2^- dibuat dua kalinya hasil percobaan menunjukkan bahwa laju awal juga menjadi dua kali lebih cepat. Hukum laju percobaan 1 dan 2 dibandingkan:

$$\frac{r_2}{r_1} = \frac{k [\text{NH}_4^+]^m [\text{NO}_2^-]^n}{k [\text{NH}_4^+]^m [\text{NO}_2^-]^n}$$

$$\frac{2,70 \times 10^{-7}}{1,35 \times 10^{-7}} = \frac{k [0,100]^m [0,010]^n}{k [0,100]^m [0,005]^n}$$

$$2 = \frac{[0,010]^n}{[0,005]^n}$$

$$2 = 2^n$$

$$n = 1$$

Hasilnya nilai $n=1$ hal ini berarti hukum laju untuk reaksi ini adalah orde pertama terhadap NO_2^- . Selanjutnya, hukum laju percobaan 2 dan 3 dibandingkan

untuk mencari nilai m.

$$\frac{r_3}{r_2} = \frac{k [\text{NH}_4^+]^m [\text{NO}_2^-]^n}{k [\text{NH}_4^+]^m [\text{NO}_2^-]^n}$$

$$\frac{5,40 \times 10^{-7}}{2,70 \times 10^{-7}} = \frac{k [0,200]^m [0,010]^n}{k [0,100]^m [0,010]^n}$$

$$2 = \frac{[0,200]^m}{[0,100]^m}$$

$$2 = 2^m$$

$$m = 1$$

Hasilnya nilai $m=1$ hal ini berarti hukum laju untuk reaksi ini adalah orde pertama terhadap NH_4^+ . Dengan demikian, hukum laju untuk reaksi ini adalah:

$$r = k [\text{NH}_4^+]^1 [\text{NO}_2^-]^1$$

$$r = k [\text{NH}_4^+] [\text{NO}_2^-]$$

Hukum laju ini orde pertama baik terhadap NH_4^+ maupun NO_2^- sehingga orde reaksi keseluruhan adalah tingkat 2. Nilai tetapan laju reaksi dapat ditentukan menggunakan hasil setiap percobaan. Dari data percobaan 1 misalnya, diperoleh:

$$k = \frac{r_1}{[\text{NH}_4^+]^m [\text{NO}_2^-]^n}$$

$$k = \frac{1,35 \times 10^{-7}}{[0,100]^1 [0,005]^1} = 2,7 \times 10^{-4} / \text{Ms}$$

UJI PEMAHAMAN

- Hasil percobaan terhadap reaksi
 $2 \text{NO} (g) + \text{Br}_2 (g) \rightarrow 2 \text{NOBr} (g)$
 menghasilkan data sebagai berikut:

Percobaan ke-	Konsentrasi (mol/L)		Laju pembentukan NOBr (mol/L s)
	NO	Br ₂	
1	0,10	0,10	12
2	0,10	0,20	24
3	0,10	0,30	36
4	0,20	0,10	48
5	0,30	0,10	108

Tentukan persamaan laju reaksinya!

Jawaban:

- Bentuk umum hukum laju reaksi $r = k [\text{NO}]^m [\text{Br}_2]^n$
- Mencari nilai m dapat ditentukan melalui perbandingan hukum laju pada percobaan yang konsentrasi Br_2 yang sama.

$$\frac{r_5}{r_4} = \frac{k [\text{NO}]^m [\text{Br}_2]^n}{k [\text{NO}]^m [\text{Br}_2]^n}$$
$$\frac{108}{48} = \frac{k [0,30]^m [0,10]^n}{k [0,20]^m [0,10]^n}$$

$$\frac{9}{4} = \frac{[0,30]^m}{[0,20]^m}$$

$$\frac{9}{4} = \frac{[3]^m}{[2]^m}$$

$$\frac{9}{4} = \left(\frac{3}{2}\right)^m$$

$$m = 2$$

- Mencari nilai n dapat ditentukan melalui perbandingan hukum laju pada percobaan yang konsentrasi NO yang sama.

$$\frac{r_2}{r_1} = \frac{k [\text{NO}]^m [\text{Br}_2]^n}{k [\text{NO}]^m [\text{Br}_2]^n}$$
$$\frac{24}{12} = \frac{k [0,10]^m [0,20]^n}{k [0,10]^m [0,10]^n}$$

$$2 = \frac{[0,20]^n}{[0,10]^n}$$

$$2 = \frac{[2]^n}{[1]^n}$$

$$2 = (2)^n$$

$$n = 1$$

Dengan demikian, hukum laju untuk reaksi ini adalah:

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

2. Diketahui hasil percobaan reaksi : $\text{P} + \text{Q} \rightarrow \text{PQ}$ adalah

Percobaan ke-	Konsentrasi (mol/L)		Laju reaksi (mol/L s)
	P	Q	
1	0,010	0,020	0,05
2	0,090	0,020	0,15
3	0,090	0,040	0,30

Tentukan persamaan dan konstanta laju reaksinya!

Jawaban:

- Bentuk umum hukum laju reaksi : $r = k [\text{P}]^m [\text{Q}]^n$
- Mencari nilai m

- dapat ditentukan melalui perbandingan hukum laju pada percobaan yang konsentrasi Q yang sama.

$$\frac{r_2}{r_1} = \frac{k [P]^m [Q]^n}{k [P]^m [Q]^n}$$

$$\frac{0,15}{0,05} = \frac{k [0,090]^m [0,020]^n}{k [0,010]^m [0,020]^n}$$

$$3 = \frac{[0,090]^m}{[0,010]^m}$$

$$3 = \frac{[9]^m}{[1]^m}$$

$$3 = (9)^m$$

$$m = 1/2$$

- Mencari nilai n dapat ditentukan melalui perbandingan hukum laju pada percobaan yang konsentrasi P yang sama.

$$\frac{r_3}{r_2} = \frac{k [P]^m [Q]^n}{k [P]^m [Q]^n}$$

$$\frac{0,30}{0,15} = \frac{k [0,090]^m [0,040]^n}{k [0,090]^m [0,020]^n}$$

$$2 = \frac{[0,040]^n}{[0,020]^n}$$

$$2 = \frac{[4]^n}{[2]^n}$$

$$2 = (2)^n$$

$$n = 1$$

Dengan demikian, hukum laju untuk reaksi ini adalah:

$$r = k [P]^{1/2} [Q]^1$$

$$r = k [P]^{1/2} [Q]$$

- Nilai tetapan laju reaksi dapat ditentukan menggunakan hasil setiap percobaan.

Dari data percobaan 2 misalnya, diperoleh:

$$k = \frac{r_1}{[P]^m [Q]^n}$$

$$k = \frac{0,15}{[0,090]^{1/2} [0,020]^1} = 6 \times 10^{-3} \text{ L}^{1/2} \text{ mol}^{1/2} \text{ s}^{-1}$$

3. Hukum Laju dalam Bentuk Diferensial dan Integral

Hukum laju yang telah dituliskan diferensial dari konsentrasi terhadap sebelumnya adalah pengungkapan hukum waktu, maka tiap persamaan laju adalah laju reaksi dalam bentuk persamaan suatu persamaan diferensial. Tujuan diferensial. memperoleh hubungan langsung harga

konsentrasi dan waktu, maka ungkapan laju bentuk diferensial dimodifikasi ke dalam bentuk integral. Selain memperoleh hubungan langsung konsentrasi dan waktu, modifikasi hukum laju bentuk diferensial ke dalam bentuk integral akan mempermudah dalam pengungkapan konsep waktu paruh ($t_{\frac{1}{2}}$). Bagaimana cara modifikasi matematis dari ungkapan laju bentuk diferensial kepada bentuk integral akan diberikan contoh di bawah, misalnya bagi suatu reaksi orde satu. Reaksi yang lajunya hanya bergantung pada satu konsentrasi dengan pangkat satu disebut sebagai reaksi orde satu. Bagi reaksi: $A + \dots \rightarrow$ hasil reaksi, dinyatakan memiliki orde satu bila berdasar hasil eksperimen laju reaksinya mengikuti persamaan:

$$-\frac{d[A]}{dt} = k [A]$$

Jika konsentrasi awal A adalah a , dan yang bereaksi sebanyak x , maka $[A]$ setelah reaksi berjalan selama t adalah sebesar $a - x$, maka didapat

$$\frac{d(a - x)}{dt} = k (a - x)$$

karena a tetap dan x adalah variabel, maka $d(a - x) = dx$

Hal demikian adalah cara lain dari penentuan orde reaksi, yang disebut metode aluran linier. Salah satu manfaat dari transformasi hukum laju bentuk diferensial ke dalam bentuk integral. Berikut ini ringkasan hukum laju dalam bentuk differensial dan integral.

Jenis reaksi	Orde Reaksi	Bentuk Hukum Laju	
		Diferensial	Integral
$A \rightarrow P$	0	$\frac{dx}{dt} = k$	$x = kt$
$A \rightarrow P$	1	$\frac{dx}{dt} = k(a - x) = k [A]$	$\ln \frac{a}{(a - x)} = kt$
	2	$\frac{dx}{dt} = k (a - x)^2 = k [A]^2$	$\frac{x}{a(a - x)} = kt$
	3	$\frac{dx}{dt} = k (a - x)^3 = k [A]^3$	$\frac{2ax - x^2}{2a^2(a - x)^2} = kt$

$$\frac{dx}{dt} = k (a - x)$$

$$\frac{dx}{(a - x)} = k dt$$

$$\int \frac{dx}{(a - x)} = k \int dt$$

$$-\ln (a - x) = kt + c$$

Pada awal reaksi, yaitu saat $t = 0$, maka $x = 0$, sehingga $c = -\ln a$ dan persamaan menjadi $-\ln (a - x) = kt - \ln a$ atau dapat ditulis dalam bentuk:

$$\ln \frac{a}{(a - x)} = kt$$

Persamaan inilah yang disebut sebagai persamaan hukum laju bentuk integral untuk reaksi orde satu. Persamaan tersebut dapat diubah menjadi:

$$\ln (a - x) = -kt + \ln a$$

Persamaan ini merupakan persamaan linear dan jika dibuat grafik dengan $\ln (a - x)$ sebagai ordinat dan t sebagai absis, maka diperoleh garis lurus dengan kemiringan garis (*slope/gradient*) = $-k$ sedangkan konstanta atau jelaahnya = $\ln a$. Dan jika dimiliki data laboratorium lalu pembuatan kurva menghasilkan garis linier, maka sebenarnya telah dilakukan pembuktian bahwa reaksi yang sedang dikaji memiliki orde satu.

$A + B \rightarrow P$	2	$\frac{dx}{dt} = k(a-x)(b-x)$ $= k[A][B]$	$\frac{1}{b-a} \ln \frac{a(b-x)}{b(a-x)} = kt$
$A + 2B \rightarrow P$	2	$\frac{dx}{dt} = k[A][B]$	$\frac{1}{b-2a} \ln \frac{a(b-2x)}{b(a-2x)} = kt$

UJI PEMAHAMAN

3. Apa perbedaan makna antara ungkapan hukum laju $\frac{dx}{dt} = k(a-x)^2$ dan hukum laju

$$\frac{dx}{dt} = k(a-x)(b-x)?$$

Jawaban:

Ungkapan hukum laju $\frac{dx}{dt} = k(a-x)^2$ merupakan ungkapan laju untuk reaksi yang hanya terdiri dari satu pereaksi, misal $A \rightarrow \text{Hasil}$

Sedangkan ungkapan laju $\frac{dx}{dt} = k(a-x)(b-x)$ merupakan ungkapan laju untuk reaksi terdiri dari dua pereaksi yaitu A dan B, misal

$A + B \rightarrow \text{Hasil}$

4. Konsep Waktu Paruh

Jika reaksi telah berjalan hingga konsentrasi pereaksi tinggal separuh, maka waktu yang diperlukan disebut waktu paruh atau $t^{1/2}$. Jika konsentrasi pereaksi pada awal reaksi dinyatakan dengan a dan konsentrasi pereaksi yang tersisa pada saat t tertentu dinyatakan dengan $(a-x)$, maka pada saat $t = t^{1/2}$ harga $(a-x) = \frac{1}{2}a$.

Seperti yang dijelaskan pada pembahasan sebelumnya bahwa kuantitas waktu paruh lebih mudah diturunkan dari hukum laju reaksi bentuk integral. Untuk reaksi orde satu yang memiliki hukum laju reaksi integral $\ln \frac{a}{(a-x)} = kt$ maka ungkapan waktu paruh yang berlaku adalah:

$$t^{1/2} = \frac{\ln 2}{k}$$

$$t^{1/2} = \frac{0,693}{k}$$

Berdasarkan persamaan tersebut, terlihat bahwa waktu paruh untuk reaksi orde satu adalah suatu ketetapan. Perlu diingat bahwa yang dihitung dalam waktu paruh adalah jumlah pereaksi yang tinggal dan ini dapat dilakukan bila reaksi hanya mempunyai satu macam pereaksi (pereaksi tunggal) misal reaksi penguraian dan peluruhan radioaktif. Pada umumnya, reaksi peluruhan radioaktif termasuk dalam reaksi orde satu sehingga konsep waktu paruh sering dipakai untuk mempresentasi karakteristik unsur radioaktif seperti contoh uranium.

Prinsip yang menyatakan bahwa waktu paruh untuk reaksi orde satu adalah suatu tetapan dapat digunakan untuk landasan berpikir dalam penentuan orde reaksi. Berdasarkan pada prinsip itu, sebuah reaksi dinyatakan memiliki orde satu jika pengamatan atas perjalanan reaksi dari waktu ke waktu memperoleh

fakta bahwa nilai $t^{1/2}$ berikutnya adalah sama dengan nilai $t^{1/2}$ sebelumnya. Dengan cara yang sama dapat diturunkan ungkapan $t^{1/2}$ untuk reaksi orde dua yang memiliki hukum laju $\frac{x}{a(a-x)} = kt$. Waktu paruh untuk reaksi orde dua ini adalah:

$$t^{1/2} = \frac{1}{ka}$$

Berdasarkan persamaan tersebut, terlihat bahwa, waktu paruh untuk reaksi orde dua bukanlah suatu tetapan harganya tergantung atau berbanding terbalik dengan harga konsentrasi awal pereaksi.

Bila suatu reaksi diikuti dari waktu ke waktu, maka waktu paruh berikutnya atau waktu paruh kedua dengan konsentrasi awal $t^{1/2} a$ memiliki nilai dua kali waktu paruh pertama.

Kegunaan lain dari waktu paruh adalah untuk menghitung pereaksi yang tersisa setelah waktu tertentu. Dengan menggunakan persamaan

$$\ln \frac{a}{(a-x)} = kt \quad \text{atau} \quad \ln \frac{(a-x)}{a} = -kt$$

Berdasarkan sifat logaritma natural (ln) diperoleh:

$$\frac{a}{(a-x)} = e^{-kt}$$

$$(a-x) = a e^{-kt}$$

Contoh Soal 3.1 Waktu Paruh

Suatu reaksi orde satu mempunyai tetapan laju $4,8 \times 10^{-5}$ per detik. Berapa % pereaksi yang tinggal setelah 4 jam?

Jawab:

Untuk reaksi orde satu

$$\ln \frac{(a-x)}{a} = -kt$$

$$\ln \frac{(a-x)}{a} = -(4,8 \times 10^{-5})(14400)$$

$$\ln \frac{(a-x)}{a} = -0,6912$$

$$\frac{(a-x)}{a} = 0,5009$$

$$= 0,5009 \times 100\%$$

$$= 50\%$$

UJI PEMAHAMAN

Suatu reaksi berorde satu dengan $k = 0,26/\text{menit}$. Konsentrasi A mula-mula 8M hitung konsentrasi A yang tersisa setelah:

- 0,5 menit
- 6,3 menit

Jawaban:

a. 0,5 menit

$$(a - x) = a e^{-kt}$$
$$(a - x) = 8 e^{-0,26 \cdot 0,5}$$
$$(a - x) = 7,02 M$$

b. 6,3 menit

$$(a - x) = a e^{-kt}$$
$$(a - x) = 8 e^{-0,26 \cdot 6,3}$$
$$(a - x) = 1,55 M$$

5. Persamaan Arrhenius

Telah diketahui bahwa persamaan laju reaksi (hukum laju) dari suatu reaksi antara dua senyawa A dan B dapat ditulis sebagai:

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

Huruf m dan n merupakan orde reaksi masing-masing untuk pereaksi A dan B. Berbagai hasil eksperimen menunjukkan bahwa perubahan suhu pada suatu reaksi kimia tidak merubah hukum laju reaksi, artinya nilai a dan b tidak juga berubah.

Hal yang sama juga terjadi pada penambahan katalisnya. Fakta-fakta tersebut menghasilkan simpulan bahwa pengaruh perubahan suhu berlaku pada nilai konstanta laju reaksi (k) karena sebagaimana yang telah disebutkan bahwa nilai k bergantung pada suhu reaksi. Van't Hoff (1887) menemukan hubungan bahwa logaritma konstanta laju reaksi berbanding terbalik dengan suhu mutlak. Arrhenius melanjutkan gagasan itu dengan melakukan percobaan terhadap sejumlah reaksi. Arrhenius (1889) mengemukakan hasil temuannya dalam bentuk persamaan:

$$k = A e^{-Ea/RT}$$
$$\ln k = -\frac{Ea}{RT} + \ln A$$

Dengan k= tetapan laju; A= tetapan Arrhenius yang disebut *faktor frekuensi*;

Ea= energi aktivasi; R= tetapan gas (8,314 J/mol K); dan T= suhu mutlak. Persamaan tersebut dikenal dengan **Persamaan Arrhenius**. Persamaan $\ln k = -\frac{Ea}{RT} + \ln A$ merupakan persamaan linear dengan $\ln k$ sebagai variabel y, $\frac{Ea}{R}$ sebagai gradien garis yang bernilai negatif, dan $\frac{1}{T}$ sebagai variabel x, serta $\ln A$ sebagai konstanta.

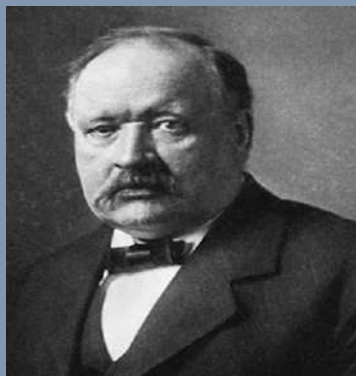
Dengan demikian, jika di miliki data laju reaksi atau data k pada berbagai suhu reaksi, maka dapat ditetapkan nilai A dan Ea dari suatu reaksi kimia. Persamaan $\ln k = -\frac{Ea}{RT} + \ln A$ dapat didifferensialkan untuk perubahan suhu dari suhu T_1 ke suhu T_2 sehingga didapat:

$$\ln \frac{k_2}{k_1} = -\frac{Ea}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$
$$\ln \frac{k_2}{k_1} = \frac{Ea}{R} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)$$
$$\ln \frac{k_1}{k_2} = \frac{Ea}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$

Persamaan tersebut akan dapat diprediksikan nilai laju reaksi pada suhu yang lain dengan syarat telah diketahui harga Ea dari reaksi itu. Karena nilai k sebanding dengan nilai r sehingga dapat ditulis menjadi:

$$\ln \frac{r_1}{r_2} = \frac{Ea}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$

Dengan r_1 dan r_2 berturut-turut adalah laju reaksi pada suhu T_1 dan laju reaksi pada suhu T_2 .



Sang Ilmuwan

Svante August Arrhenius pada tahun 1889 mengusulkan konsep energi aktivasi atau energi pembatas yang harus diatasi agar reaksi kimia terjadi. Dia merumuskan persamaan Arrhenius, yang menghubungkan energi aktivasi reaksi kimia dengan laju pembentukan produk

Contoh Soal 3.2 Nilai Energi

Pada suhu 300°C , tetapan laju reaksi Siklopropana \rightarrow propilen adalah $2,4 \times 10^{-10}/\text{s}$, dan pada suhu 400°C adalah $1,16 \times 10^{-10}/\text{s}$. Tentukan nilai E_a !

Jawab:

$$\ln \frac{k_1}{k_2} = \frac{E_a}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$
$$\ln \frac{2,40 \times 10^{-10} \text{ s}^{-1}}{1,16 \times 10^{-10} \text{ s}^{-1}} = \frac{E_a}{8,314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}} \left(\frac{1}{673 \text{ K}} - \frac{1}{573 \text{ K}} \right)$$
$$-9,94 = E_a (-3,1 \text{ J}^{-1} \text{ mol})$$
$$E_a = 320 \text{ kJ mol}^{-1}$$

UJI PEMAHAMAN

5. Suatu reaksi mempunyai energi aktivasi 65 kJ/mol . Laju reaksi pada suhu 100°C sebesar $7,8 \times 10^{-2} \text{ mol/Ls}$. Tentukan:
- Tetapan laju reaksi pada suhu 200°C
 - Suhu reaksi sehingga laju reaksi menjadi $10 \times$ laju pada suhu 100°C

Jawaban:

- a. Tetapan laju

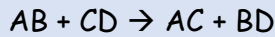
$$\ln \frac{k_1}{k_2} = -\frac{E_a}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$
$$\ln \frac{7,8 \times 10^{-2} \text{ s}^{-1}}{k_2} = -\frac{65.000 \text{ J mol}^{-1}}{8,314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}} \left(\frac{1}{473 \text{ K}} - \frac{1}{373 \text{ K}} \right)$$
$$-2,55 + \ln k_2 = -4,43$$
$$k_2 = 6,55 \text{ mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$$

- b. Suhu

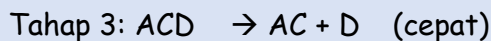
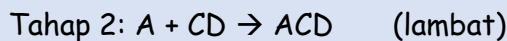
$$\ln \frac{k_1}{k_2} = \frac{E_a}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$
$$\ln \frac{1}{10} = \frac{6,5 \times 10^4}{8,314} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{373} \right)$$
$$\ln \frac{1}{10} = 7818,14 \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{373} \right)$$
$$T_2 = 419 \text{ K}$$

B. MEKANISME REAKSI

Suatu reaksi tidak langsung terjadi dari pereaksi menjadi hasil reaksi, tetapi melalui tahapan-tahapan. Misal reaksi:

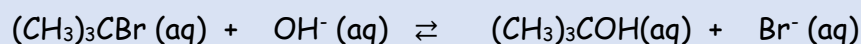


AB dan CD adalah keadaan awal, sedangkan AC dan BD adalah keadaan akhir. Dalam reaksi kimia, beberapa ikatan-ikatan diputuskan dan ikatan-ikatan baru dibentuk. Tidak jarang, perubahan-perubahan itu begitu rumit tidak berlangsung dalam satu langkah sederhana. Dalam reaksi ini, terjadi pemutusan ikatan A-B dan C-D, lalu kemudian terbentuk ikatan A-C dan B-D. Proses ini tidak serentak, tetapi melalui beberapa tahap:



Keempat tahap tersebut disebut

Pereaksi dalam reaksi elementer biasanya merupakan suatu media antara (*intermediate*) dengan kereaktifan tinggi, baik dalam bentuk atom, radikal bebas, maupun dalam bentuk fragmen ionik dari molekul yang besar. Dalam mekanisme reaksi, setiap tahap reaksi mempunyai laju tertentu, misal tahap 1, 3, dan 4 adalah cepat, sedangkan tahap 2 lambat. Tahap yang paling lambat disebut tahap penentu laju reaksi karena tahap ini merupakan penghalang untuk laju reaksi secara keseluruhan. Artinya tidak ada pengaruh kenaikan laju tahap 1, 3, dan 4 terhadap reaksi total. Reaksi 2-bromo-2-metilpropan dengan ion hidroksi dari larutan natrium hidroksi dengan persamaan:



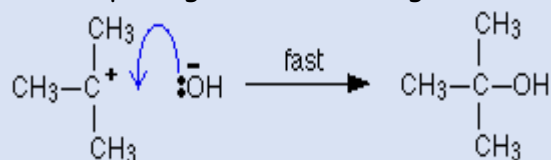
Reaksi keseluruhan adalah pergantian atom brom dalam senyawa organik dengan gugus hidroksil. Hal pertama yang terjadi adalah ikatan karbon-brom dalam komposisi sedikit bercerai menjadi ion-ion:



mekanisme reaksi. Mekanisme reaksi menggambarkan satu atau lebih langkah/tahap yang terjadi pada sebuah reaksi keseluruhan sehingga dapat digambarkan bagaimana beberapa ikatan putus dan terbentuk ikatan yang baru. Jika sebuah reaksi yang ditulis dalam persamaan stoikiometrinya disebut sebagai reaksi keseluruhan (*overall reaction*, ditulis dengan tanda \Rightarrow), maka tahapan reaksi yang menggambarkan jalan detail terjadinya perubahan pereaksi menjadi hasil reaksi disebut reaksi elementer (ditulis dengan tanda \rightarrow).

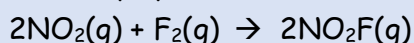
Reaksi elementer adalah reaksi yang menyatakan reaksi pada tingkat molekuler. Reaksi elementer dikelompokkan berdasarkan bentuk molekuleritas, yaitu jumlah partikel pereaksi yang terlibat dalam reaksi seperti bimolekuler, termolekuler, dan sebagainya.

Ikatan karbon-brom cukup kuat, sehingga reaksi ini berlangsung lambat. Jika ion-ion inti bertumbukan satu dengan yang lainnya, maka ikatan kovalen akan terbentuk kembali. Tanda panah dalam persamaan menunjukkan perpindahan dari sepasang elektron. Jika terdapat ion hidroksi dalam konsentrasi pekat, maka ion positif akan memiliki kemungkinan tinggi untuk ditumbuk oleh ion-ion hidroksi. Langkah keseluruhan reaksi akan berlangsung cepat. Ikatan kovalen baru akan dibentuk antara karbon dan oksigen, menggunakan satu dari sepasang elektron kosong dari atom oksigen.



Karena ikatan karbon-oksigen sangat kuat, maka ion OH^- bergabung dengan atom karbon, keduanya akan cenderung untuk terus berikatan sehingga terjadi reaksi. Dalam contoh itu mekanisme menunjukkan reaksi berlangsung dalam dua langkah dan deskripsikan secara jelas bagaimana langkah-langkah itu berlangsung dalam ikatan-ikatan yang terputus dan terbentuk.

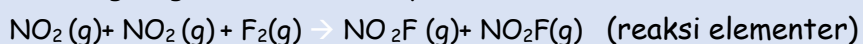
sederetan tahap-tahap reaksi konseptual yang diajukan untuk menerangkan hukum laju yang ditemukan secara percobaan di laboratorium. Untuk memahami reaksi, kita perlu mengetahui reaksinya, dan salah satu tujuan utama mempelajari kinetika adalah mempelajari sebanyak mungkin tahap-tahap yang terlibat dalam reaksi. Misalnya pada reaksi berikut.



Jika laju hilangnya F_2 diamati, maka laju reaksi akan proporsional dengan konsentrasi NO_2 dan F_2 . Dalam percobaan ditemukan bahwa hukum laju untuk reaksi ini adalah:

$$v = k [\text{NO}_2][\text{F}_2]$$

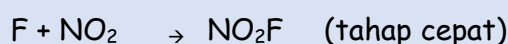
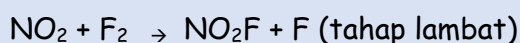
Hukum laju ini diperoleh dari pengukuran hasil percobaan. Jika reaksi diasumsikan berlangsung dalam satu tahap reaksi elementer termolekuler, seperti:



Maka hukum laju berdasarkan ramalan mekanisme reaksi elementer adalah:

$$v = k [\text{NO}_2]^2[\text{F}_2]$$

Hal ini tidak sesuai dengan laju yang ditemukan secara percobaan, sehingga mekanisme yang diajukan tidak benar. Oleh sebab itu, reaksi terjadi lebih dari satu tahap reaksi elementer. Reaksi antara NO_2 dan F_2 diduga terjadi dalam tahap-tahap reaksi elementer berikut.



Tetapan laju dituliskan diatas panah. tahap kedua diasumsikan lebih cepat daripada tahap pertama, sehingga setelah tahap pertama berlangsung, atom F yang terbentuk

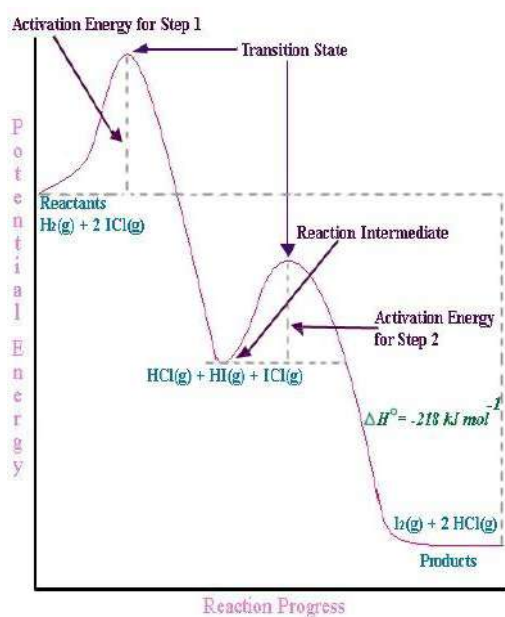
segera bereaksi dengan molekul NO_2 membentuk molekul NO_2F yang lain. Oleh sebab itu, laju hilangnya F_2 ditentukan secara sempurna oleh tahap secara sempurna oleh tahap paling lambat atau tahap penentu laju. *Tahap penentu laju adalah tahap paling lambat dalam mekanisme reaksi.*

Persamaan laju untuk tahap penentu laju dari mekanisme reaksi yang diajukan di atas adalah:

$$v = k [\text{NO}_2][\text{F}_2]$$

Mekanisme di atas cocok dengan hukum laju yang diturunkan dari data percobaan jika dianggap k_1 sama dengan k . Kesesuaian ini bukan bukti yang mutlak bahwa mekanisme reaksi elementer di atas itu satu-satunya yang paling benar, boleh jadi ada mekanisme lain yang lebih tepat dibandingkan mekanisme di atas. Ketepatan mekanisme reaksi di atas perlu dibuktikan bahwa pada reaksi NO_2 dan F_2 terbentuk atom bebas, yang terbentuk pada tahap pertama. Jika pembentukan atom F terbukti secara percobaan maka mekanisme di atas dapat dipertanggungjawabkan kesahihannya. Bila temuan eksperimen memperoleh simpulan $m = a$ dan $n = b$, maka reaksi disebut reaksi elementer (reaksi satu langkah), karena orde reaksi terhadap pereaksi = molekularitas pereaksi. Bila didapatkan $m \neq n$ dan $n \neq b$ maka reaksi dinyatakan sebagai reaksi nonelementer (reaksi multi langkah) karena orde reaksi \neq molekularitas pereaksi. Reaksi multi langkah adalah reaksi yang memiliki mekanisme reaksi atau langkah-langkah reaksi.

TAHUKAH KAMU?



Reaksi antara gas iod monoklorida dan gas hidrogen klorida sebagai produk gas berdasarkan mekanisme dua langkah. Jenis HI disebut reaksi intermediet atau zat antara. Jenis intermediet diketahui sebagai molekul stabil yang sudah banyak diketahui.

Pada mekanisme tersebut terdapat dua keadaan transisi dan satu reaksi intermediet. Keadaan transisi menyatakan struktur energi tertinggi yang terlibat dalam reaksi dan hanya berada sementara serta tidak dapat diisolasi, sedangkan reaksi intermediet terkadang dapat diisolasi. Keadaan transisi mempunyai ikatan yang terbentuk secara parsial sedangkan intermediet mempunyai ikatan yang terbentuk secara sempurna.

Fase 2: Aktivitas Ilmiah

Peserta didik melaksanakan percobaan untuk melatih keterampilan berpikir kritis dan menanamkan *self-efficacy*.

Lembar Kegiatan Peserta Didik I

Andi adalah seorang peserta didik SMA. Dia menyiapkan alat dan bahan yang akan digunakan dalam percobaan. Bahan yang diperlukan dalam percobaan adalah larutan HCl 1M, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,2M dan aquades, sedangkan alat yang digunakan adalah gelas kimia, gelas ukur, pipet dan stopwatch. Selanjutnya, Andi mereaksikan kedua larutan tersebut dalam berbagai konsentrasi berbeda-beda. Tiga percobaan pertama menggunakan konsentrasi HCl yang berbeda-beda, sedangkan konsentrasi $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ tetap. Tiga percobaan kedua menggunakan konsentrasi $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ yang berbeda-beda dan konsentrasi HCl dibuat tetap. Ternyata ketika konsentrasi larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ diperbesar dua kali, laju reaksinya juga menjadi dua kali lebih besar.

PANDUAN:

- 0 = Tidak yakin
- 1 = Yakin 1%-25%
- 2 = Yakin 26%-50%
- 3 = Yakin 51%-75%, dan
- 4 = Yakin 76%-100%

1. Buatlah rumusan masalah berdasarkan fenomena di atas!
Bagaimana pengaruh konsentrasi $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ terhadap laju reaksi?

Analisis

Apakah kamu yakin dengan jawabanmu?

Mastery Experiences

Tingkat Keyakinan atas Jawaban	0	1	2	3	4
--------------------------------	---	---	---	---	---

2. Tuliskan hipotesis sebagai jawaban sementara dari rumusan masalah yang telah dibuat!

Jika konsentrasi larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ diperbesar dua kali, maka laju reaksinya juga menjadi dua kali lebih besar.

Apakah kamu yakin dengan jawabanmu?

Inferensi

Tingkat Keyakinan atas Jawaban	0	1	2	3	4
--------------------------------	---	---	---	---	---

3. Berdasarkan rumusan masalah dan hipotesis yang telah kamu buat, rancanglah suatu percobaan tentang orde reaksi!

a. Alat dan bahan:

- Alat:

No.	Alat	Jumlah (buah)
1.	<i>Gelas Kimia</i>	3
2.	<i>Stopwatch</i>	1
3.	<i>Gelas Ukur</i>	1
4.	<i>Pipet Tetes</i>	1

- Bahan

No.	Bahan	Jumlah (mL)
1.	<i>Larutan $N_2S_2O_3$</i>	125
2.	<i>Larutan HCl</i>	125
3.	<i>Aquades</i>	100

b. Tujuan percobaan:

- Mengetahui hubungan laju reaksi dengan konsentrasi.
- Mengetahui orde suatu reaksi.

Analisis

Apakah kamu yakin dengan jawabanmu?

Mastery Experiences

Tingkat Keyakinan atas Jawaban	0	1	2	3	4
--------------------------------	---	---	---	---	---

c. Variabel percobaan

- Variabel manipulasi: *volume penambahan aquades*
- Variabel kontrol: *Konsentrasi pereaksi*
- Variabel respon: *Waktu yang diperlukan untuk bereaksi*

Analisis

Apakah kamu yakin dengan jawabanmu?

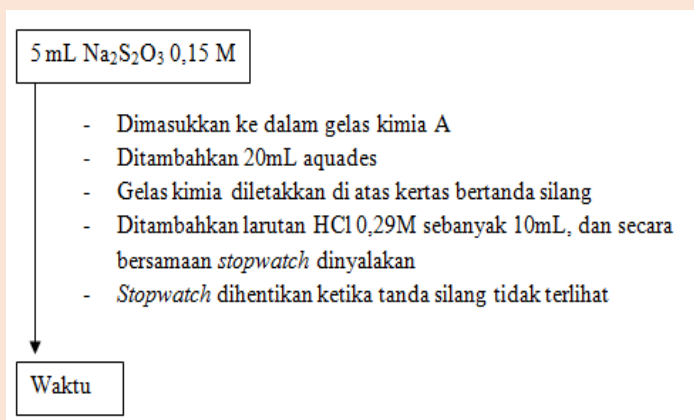
Mastery Experiences

Tingkat Keyakinan atas Jawaban	0	1	2	3	4
--------------------------------	---	---	---	---	---

4. Buatlah alur kerja sesuai dengan alat dan bahan yang telah kamu siapkan!

Alur kerja:

Percobaan 1



Percobaan 2

10 mL $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,15 M

- Dimasukkan ke dalam gelas kimia B
- Ditambahkan 15mL aquades
- Gelas kimia diletakkan di atas kertas bertanda silang
- Ditambahkan larutan HCl 0,29M sebanyak 10mL, dan secara bersamaan *stopwatch* dinyalakan
- *Stopwatch* dihentikan ketika tanda silang tidak terlihat

Waktu

15 mL $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,15 M

- Dimasukkan ke dalam gelas kimia C
- Ditambahkan 10mL aquades
- Gelas kimia diletakkan di atas kertas bertanda silang
- Ditambahkan larutan HCl 0,29M sebanyak 10mL, dan secara bersamaan *stopwatch* dinyalakan
- *Stopwatch* dihentikan ketika tanda silang tidak terlihat

Waktu

15 mL $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,15 M

- Dimasukkan ke dalam gelas kimia C
- Ditambahkan 10mL aquades
- Gelas kimia diletakkan di atas kertas bertanda silang
- Ditambahkan larutan HCl 0,29M sebanyak 10mL, dan secara bersamaan *stopwatch* dinyalakan
- *Stopwatch* dihentikan ketika tanda silang tidak terlihat

Waktu

Percobaan 2

5 mL HCl 0,7 M

- Dimasukkan ke dalam gelas kimia A
- Ditambahkan 20mL aquades
- Gelas kimia diletakkan di atas kertas bertanda silang
- Ditambahkan larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,057M sebanyak 10mL, dan secara bersamaan *stopwatch* dinyalakan
- *Stopwatch* dihentikan ketika tanda silang tidak terlihat

Waktu

10 mL HCl 0,7 M

- Dimasukkan ke dalam gelas kimia B
- Ditambahkan 15mL aquades
- Gelas kimia diletakkan di atas kertas bertanda silang
- Ditambahkan larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,057M sebanyak 10mL, dan secara bersamaan *stopwatch* dinyalakan
- *Stopwatch* dihentikan ketika tanda silang tidak terlihat

Waktu

15 mL HCl 0,7 M

- Dimasukkan ke dalam gelas kimia C
- Ditambahkan 10mL aquades
- Gelas kimia diletakkan di atas kertas bertanda silang
- Ditambahkan larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,057M sebanyak 10mL, dan secara bersamaan *stopwatch* dinyalakan
- *Stopwatch* dihentikan ketika tanda silang tidak terlihat

Waktu

3. Buatlah tabel dari hasil pengamatanmu!

Percobaan Pertama

Interprestasi

Volume $[\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3]$ 0,15M (mL)	Volume Air yang Ditambahkan	$[\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3]$ setelah Ditambah Air	Volume HCl 0,29M (mL)	Waktu	Laju Reaksi
5	20	0.03	10	70	0,014

10	15	0.06	10	38	0,026
15	10	0.09	10	23	0,043

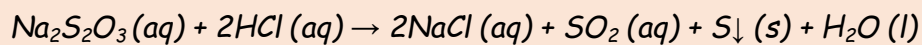
Percobaan Kedua

Volume HCl 0,7M (mL)	Volume Air yang Ditambahkan	[HCl] setelah Ditambah Air	Volume Na ₂ S ₂ O ₃ 0,057M (mL)	Waktu	Laju Reaksi
5	20	0.14	10	42	0,024
10	15	0.28	10	38	0,026
15	10	0.43	10	35	0,029

6. Analisislah data yang diperoleh dengan menjawab pertanyaan berikut:

- a. Senyawa apa sajakah yang terbentuk ketika larutan natrium tiosulfat direaksikan dengan larutan asam klorida? Tuliskan persamaan reaksinya!

Interprestasi



Senyawa yang dihasilkan yaitu larutan NaCl, SO₂, padatan S dan air.

Mastery Experience

Apakah kamu yakin dengan jawabanmu?

Tingkat Keyakinan atas Jawaban	0	1	2	3	4
--------------------------------	---	---	---	---	---

- b. Tentukan orde reaksi natrium tiosulfat dan asam klorida! Berapakah orde reaksi totalnya?

Analisis

Orde reaksi Na₂S₂O₃

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{k(0,06)^x(0,29)^y}{k(0,03)^x(0,29)^y}$$

$$\frac{0,026}{0,014} = \frac{(0,06)^x}{(0,03)^x}$$

Lanjutan

$$1,9 = 2^x$$

$$x = 1$$

Orde Reaksi HCl

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{k(0,057)^x(0,28)^y}{k(0,057)^x(0,14)^y}$$

$$\frac{0,026}{0,024} = \frac{(0,28)^y}{(0,14)^y}$$

$$1,08 = 2^y$$

$$y = 0$$

Mastery Experience

Apakah kamu yakin dengan jawabanmu?

Tingkat Keyakinan atas Jawaban	0	1	2	3	4
--------------------------------	---	---	---	---	---

- c. Tuliskan persamaan laju reaksinya berdasarkan perhitungan orde reaksi yang telah kamu lakukan!

$$v = k [Na_2S_2O_3]^1 [HCl]^0$$

$$v = k [Na_2S_2O_3]^1 \cdot 1$$

$$v = k [Na_2S_2O_3]$$

Analisis

Mastery Experience

Apakah kamu yakin dengan jawabanmu?

Tingkat Keyakinan atas Jawaban	0	1	2	3	4
--------------------------------	---	---	---	---	---

- d. Tentukan harga dan satuan tetapan jenis reaksi (k)!

$$v = [Na_2S_2O_3]$$

$$\text{Maka } k = \frac{v}{[Na_2S_2O_3]}$$

Berdasarkan percobaan (1):

$$k = \frac{v}{[Na_2S_2O_3]} = \frac{0,014 \frac{M}{detik}}{0,03 M} = 0,47 \text{ detik}^{-1}$$

Analisis

Mastery Experience

Apakah kamu yakin dengan jawabanmu?

Tingkat Keyakinan atas Jawaban	0	1	2	3	4
--------------------------------	---	---	---	---	---

- e. Bagaimana cara yang dapat dilakukan agar laju reaksi menjadi 10 kali lebih besar dari semula? Jelaskan!

Cara yang dapat dilakukan agar laju reaksi menjadi 10 kali lebih besar dari semula adalah dengan menaikkan konsentrasi natrium tiosulfat sebesar 10 kali mula-mula. Hal ini karena berdasarkan percobaan orde reaksi natrium tiosulfat adalah 1 sedangkan asam klorida adalah 0, sehingga yang berpengaruh hanyalah konsentrasi natrium tiosulfat saja.

Analisis

Mastery Experience

Apakah kamu yakin dengan jawabanmu?

Tingkat Keyakinan atas Jawaban	0	1	2	3	4
--------------------------------	---	---	---	---	---

- f. Buatlah kesimpulan berdasarkan percobaan yang telah dilakukan!

Hipotesis diterima. Jika konsentrasi larutan $Na_2S_2O_3$ diperbesar dua kali, maka laju reaksinya juga menjadi dua kali lebih besar

Analisis

Mastery Experience

Apakah kamu yakin dengan jawabanmu?

Tingkat Keyakinan atas Jawaban	0	1	2	3	4
--------------------------------	---	---	---	---	---

Setelah kamu menyelesaikan LKPD I, jawablah pertanyaan berikut berkaitan dengan *self efficacy* yang kamu miliki!

Mastery Experiences

1. Apakah guru sudah memfasilitasi kamu dalam menyelesaikan permasalahan di LKPD I?

Ya	Tidak
✓	

2. Apakah kamu yakin telah berhasil dalam menyelesaikan permasalahan di LKPD I?

Tingkat Keyakinan atas Jawaban	0	1	2	3	4
--------------------------------	---	---	---	---	---

Vicarious Experiences

3. Selama proses penyelidikan bersama teman kelompok, apakah kamu yakin dapat melakukan penyelidikan dengan baik?

Tingkat Keyakinan atas Jawaban	0	1	2	3	4
--------------------------------	---	---	---	---	---

4. Ketika kamu melihat temanmu yang telah menyelesaikan tugas pada LKPD I, apakah kamu juga yakin dapat menyelesaikannya?

Tingkat Keyakinan atas Jawaban	0	1	2	3	4
--------------------------------	---	---	---	---	---

Verbal Persuasion

5. Apakah gurumu pernah memujimu karena dapat menyelesaikan tugas-tugas pada LKPD I?

Ya	Tidak
✓	

6. Apakah temanmu pernah memujimu karena dapat menyelesaikan tugas-tugas pada LKPD I?

Ya	Tidak
✓	

Physiological and Affective States

7. Apakah kamu menikmati saat mengerjakan tugas-tugas pada LKPD I?

Ya	Tidak
✓	

8. Apakah gurumu membuat kamu merasa nyaman dan tidak stress selama pembelajaran?

Ya	Tidak
✓	

Fase 3: Presentasi hasil aktivitas ilmiah

1. Peserta didik menyajikan/mengomunikasikan hasil aktivitas ilmiah ke klasikal/ke kelompok lain.
2. Peserta didik melakukan internalisasi konsep, keterampilan berpikir kritis dan *self-efficacy* mahasiswa melalui kegiatan presentasi

Fase 4: Penyelesaian tugas berpikir kritis

Peserta didik mengerjakan tugas lanjutan berupa Tugas Berpikir Kritis yang harus diselesaikan secara individu sebagai tahap meningkatkan keterampilan berpikir kritis yang sudah dimilikinya serta meningkatkan *self-efficacy* peserta didik.

Lembar Kegiatan Peserta Didik II: Tugas Berpikir

Jawablah pertanyaan berikut secara individu!

- a. Pada reaksi $\text{Cl}_2 (\text{g}) + 2\text{NO} (\text{g}) \rightarrow 2\text{NOCl} (\text{g})$ konsentrasi kedua pereaksi diperbesar 2 kali, kecepatan reaksi menjadi 8 kali semula. Bila hanya konsentrasi Cl_2 yang diperbesar 2 kali, kecepatan reaksi menjadi 2 kali semula. Berapakah orde reaksi kedua pereaksi tersebut, dan berapakah orde reaksi totalnya?

$$v_0 = k [\text{Cl}_2]^m [\text{NO}]^n$$

$$v_0 = k [\text{Cl}_2]^m [\text{NO}]^n$$

$$2v_0 = k [2\text{Cl}_2]^m [\text{NO}]^n$$

diperoleh $m = 1$ dan $n = 2$

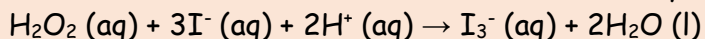
$$\text{Orde reaksi total} = 1 + 2 = 3$$

Apakah kamu yakin dengan jawabanmu?

Mastery Experience

Tingkat Keyakinan atas Jawaban	0	1	2	3	4
--------------------------------	---	---	---	---	---

- b. Ion iodida bereaksi dengan hidrogen peroksida membentuk ion triiodida dalam suasana asam. Persamaan reaksinya:



Sebanyak empat kali percobaan dilakukan pada konsentrasi awal berbeda, dan laju awal pembentukan I_3^- diukur dan ditabulasikan. Dari data berikut, tentukan orde reaksi terhadap H_2O_2 , I^- , dan H^+ . Tentukan pula hukum laju dan tetapan lajunya!

Percobaan Ke	Konsentrasi Awal (mol/L)			Laju Awal (mol/ L s)
	H_2O_2	I^-	H^+	
1	0,010	0,010	0,0005	$1,15 \times 10^{-6}$
2	0,020	0,010	0,0005	$2,30 \times 10^{-6}$

3	0,010	0,020	0,0005	$2,30 \times 10^{-6}$
4	0,010	0,010	0,0010	$1,15 \times 10^{-6}$

Jawab:

Bentuk umum hukum laju reaksi

$$v = k [H_2O_2]^m [I^-]^n [H^+]^o$$

Mencari nilai m dapat ditentukan melalui perbandingan hukum laju pada percobaan yang konsentrasi I^- dan H^+ yang sama.

$$\begin{aligned} \frac{v_2}{v_1} &= \frac{k [H_2O_2]^m [I^-]^n [H^+]^o}{k [H_2O_2]^m [I^-]^n [H^+]^o} \\ \frac{2,30 \times 10^{-6}}{1,15 \times 10^{-6}} &= \frac{k [0,020]^m [0,010]^n [0,005]^o}{k [0,010]^m [0,010]^n [0,005]^o} \\ \frac{2,30}{1,15} &= \frac{[0,020]^m}{[0,010]^m} \\ 2 &= 2^m \\ m &= 1 \end{aligned}$$

Mencari nilai n dapat ditentukan melalui perbandingan hukum laju pada percobaan yang konsentrasi H_2O_2 dan H^+ yang sama.

$$\begin{aligned} \frac{v_3}{v_1} &= \frac{k [H_2O_2]^m [I^-]^n [H^+]^o}{k [H_2O_2]^m [I^-]^n [H^+]^o} \\ \frac{2,30 \times 10^{-6}}{1,15 \times 10^{-6}} &= \frac{k [0,010]^m [0,020]^n [0,005]^o}{k [0,010]^m [0,010]^n [0,005]^o} \\ \frac{2,30}{1,15} &= \frac{[0,020]^n}{[0,010]^n} \\ 2 &= 2^n \\ n &= 1 \end{aligned}$$

Mencari nilai o dapat ditentukan melalui perbandingan hukum laju pada percobaan yang konsentrasi H_2O_2 dan I^- yang sama.

$$\begin{aligned} \frac{v_4}{v_1} &= \frac{k [H_2O_2]^m [I^-]^n [H^+]^o}{k [H_2O_2]^m [I^-]^n [H^+]^o} \\ \frac{1,15 \times 10^{-6}}{1,15 \times 10^{-6}} &= \frac{k [0,010]^m [0,010]^n [0,0010]^o}{k [0,010]^m [0,010]^n [0,0005]^o} \\ \frac{1,15}{1,15} &= \frac{[0,0010]^o}{[0,0005]^o} \\ 1 &= 2^o \\ o &= 0 \end{aligned}$$

Dengan demikian, hukum laju untuk reaksi ini adalah:

$$\begin{aligned} v &= k [H_2O_2]^m [I^-]^n [H^+]^o \\ v &= k [H_2O_2]^1 [I^-]^1 [H^+]^0 \\ v &= k [H_2O_2] [I^-] \end{aligned}$$

Nilai tetapan laju reaksi dapat ditentukan menggunakan hasil setiap percobaan.

Dari data percobaan 1 misalnya, diperoleh:

$$k = \frac{v_1}{[H_2O_2][I^-]}$$

$$k = \frac{1,15 \times 10^{-6}}{[0,010][0,010]} = \frac{1,15 \times 10^{-6}}{10^{-4}} = 1,15 \times 10^{-2} \frac{L}{mol\ s}$$

Mastery Experience

Apakah kamu yakin dengan jawabanmu?

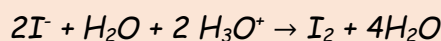
Tingkat Keyakinan atas Jawaban	0	1	2	3	4
--------------------------------	---	---	---	---	---

- c. Persamaan laju reaksi tidak bergantung pada persamaan reaksi, tetapi pada mekanismenya. Benarkah pernyataan tersebut? Jelaskan dan sertai dengan contoh!

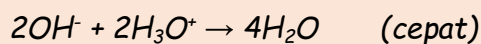
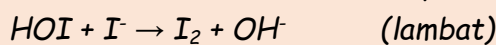
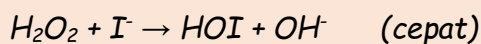
Evaluasi

Benar bahwa laju reaksi bergantung pada mekanisme reaksinya, dimana tahap yang paling lambat merupakan penentu laju reaksi.

Contoh:



Mekanisme:



Laju tahap yang paling lambat adalah tahap ke 2, sehingga:

$$v \propto [HOI][I^-]$$

Tetapi karena HOI adalah "hasil antara" dan bukan pereaksi, maka persamaan laju reaksi adalah:

$$v = k [I^-]$$

Mastery Experience

Apakah kamu yakin dengan jawabanmu?

Tingkat Keyakinan atas Jawaban	0	1	2	3	4
--------------------------------	---	---	---	---	---

- d. Simpulkan bagaimana keterkaitan antara orde dan mekanisme reaksi?

Inferensi

Jika orde reaksi sama dengan koefisien reaksi, maka reaksi tersebut merupakan reaksi elementer atau satu langkah. Jika orde reaksi tidak sama dengan koefisien reaksi, maka reaksi tersebut merupakan reaksi non elementer atau reaksi multi langkah. Reaksi multi langkah merupakan reaksi yang memiliki mekanisme.

Mastery Experience

Apakah kamu yakin dengan jawabanmu?

Tingkat Keyakinan atas Jawaban	0	1	2	3	4
--------------------------------	---	---	---	---	---

Setelah kamu menyelesaikan LKPD II, jawablah pertanyaan berikut berkaitan dengan *self efficacy* yang kamu miliki!

Mastery Experiences

1. Apakah guru sudah memfasilitasi kamu dalam menyelesaikan permasalahan di LKPD II?

Ya	Tidak
√	

2. Apakah kamu yakin telah berhasil dalam menyelesaikan permasalahan di LKPD II?

Tingkat Keyakinan atas Jawaban	0	1	2	3	4
--------------------------------	---	---	---	---	---

Vicarious Experiences

3. Selama proses penyelidikan bersama teman kelompok, apakah kamu yakin dapat melakukan penyelidikan dengan baik?

Tingkat Keyakinan atas Jawaban	0	1	2	3	4
--------------------------------	---	---	---	---	---

4. Ketika kamu melihat temanmu yang telah menyelesaikan tugas pada LKPD II, apakah kamu juga yakin dapat menyelesaikannya?

Tingkat Keyakinan atas Jawaban	0	1	2	3	4
--------------------------------	---	---	---	---	---

Verbal Persuasion

5. Apakah gurumu pernah memujimu karena dapat menyelesaikan tugas-tugas pada LKPD II?

Ya	Tidak
√	

6. Apakah temanmu pernah memujimu karena dapat menyelesaikan tugas-tugas pada LKPD II?

Ya	Tidak
√	

Physiological and Affective States

7. Apakah kamu menikmati saat mengerjakan tugas-tugas pada LKPD II?

Ya	Tidak
√	

8. Apakah gurumu membuat kamu merasa nyaman dan tidak stress selama pembelajaran?

Ya	Tidak
√	

Fase 5: Evaluasi

Peserta didik mengevaluasi proses dan hasil dalam penyelesaian Tugas Berpikir Kritis dan *self-efficacy* yang mereka miliki.

1. Konsep apa saja yang belum kamu pahami?
 - Semua konsep telah saya pahami
 - Beberapa konsep yang belum saya pahami adalah persamaan laju reaksi integral, mekanisme reaksi
2. Kendala apa saja yang kamu hadapi selama melakukan percobaan?
Kendala yang dihadapi selama melakukan percobaan adalah mengencerkan larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ dan larutan HCl untuk diperoleh konsentrasi yang diinginkan.
3. Bagaimana kamu mengatasi kendala-kendala selama pembelajaran?
Cara mengatasi kendala tersebut yaitu dengan mengencerkan larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$
4. Apakah kamu dapat mengerjakan LKPD I dan II dengan baik dan yakin berhasil?
Ya, saya dapat mengerjakan LKPD I dan II dengan baik dan yakin berhasil
5. Apakah kamu merasa keterampilan berpikir kritismu meningkat setelah mengikuti pembelajaran menggunakan Buku Ajar? Berikan alasanmu?
Ya, saya merasa keterampilan berpikir kritis saya meningkat karena saya bisa mengerjakan soal-soal berpikir kritis dengan baik
6. Apakah kamu merasa *self efficacy*-mu meningkat setelah mengikuti pembelajaran menggunakan Buku Ajar? Berikan alasanmu?
Ya, saya merasa *self efficacy* saya meningkat karena saya yakin soal-soal yang telah saya kerjakan benar

RANGKUMAN

1. Persamaan reaksi:



Persamaan laju reaksinya dinyatakan sebagai:

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

2. Orde Reaksi adalah pangkat konsentrasi pereaksi pada persamaan laju reaksi; orde reaksi menyatakan besarnya pengaruh konsentrasi pereaksi terhadap laju

reaksi.

3. Konsep waktu paruh

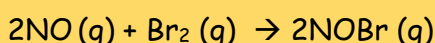
$$t^{1/2} = \frac{\ln 2}{k}$$
$$t^{1/2} = \frac{0,693}{k}$$

4. Mekanisme reaksi menggambarkan detail reaksi, yaitu tahap-tahap yang dialami pereaksi hingga menjadi produk.

5. Laju reaksi ditentukan oleh tahap yang berlangsung paling lambat.

Ayo Latihan

1. Pada suhu 273°C , gas brom dapat bereaksi dengan nitrogen monoksida menurut reaksi:



Dari reaksi tersebut diperoleh data sebagai berikut:

Percobaan ke-	Konsentrasi (mol/L)		Laju reaksi (mol/L s)
	NO	Br ₂	
1	0,1	0,1	6
2	0,2	0,1	12
3	0,2	0,2	24

Tentukan persamaan dan konstanta laju reaksinya! **(Skor 35)**

Jawaban:

Bentuk umum hukum laju reaksi : $r = k [\text{NO}]^m [\text{Br}_2]^n$

Mencari nilai m dapat ditentukan melalui perbandingan hukum laju pada percobaan yang konsentrasi Br₂ yang sama.

$$\frac{r_2}{r_1} = \frac{k [\text{NO}]^m [\text{Br}_2]^n}{k [\text{NO}]^m [\text{Br}_2]^n}$$
$$\frac{12}{6} = \frac{k [0,2]^m [0,1]^n}{k [0,1]^m [0,1]^n}$$
$$2 = \frac{[0,2]^m}{[0,1]^m}$$
$$2 = \frac{[2]^m}{[1]^m}$$
$$2 = (2)^m$$
$$m = 1$$

Mencari nilai n dapat ditentukan melalui perbandingan hukum laju pada percobaan yang konsentrasi NO yang sama.

$$\frac{r_3}{r_2} = \frac{k [\text{NO}]^m [\text{Br}_2]^n}{k [\text{NO}]^m [\text{Br}_2]^n}$$
$$\frac{24}{12} = \frac{k [0,2]^m [0,2]^n}{k [0,2]^m [0,1]^n}$$

$$2 = \frac{[0,2]^n}{[0,1]^n}$$

$$2 = \frac{[2]^n}{[1]^n}$$

$$2 = (2)^n$$

$$n = 1$$

Dengan demikian, hukum laju untuk reaksi ini adalah:

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

Nilai tetapan laju reaksi dapat ditentukan menggunakan hasil setiap percobaan. Dari data percobaan 2 misalnya, diperoleh:

$$k = \frac{r_1}{[\text{NO}]^m [\text{Br}_2]^n}$$

$$k = \frac{12}{[0,2]^1 [0,1]^1} = 6 \times 10^{-3} \text{ L}^{1/2} \text{ mol}^{1/2} \text{ s}^{-1}$$

2. Suatu reaksi orde satu mempunyai tetapan laju $2,4 \times 10^{-5}$ per detik. Berapa % pereaksi yang tinggal setelah 2 jam? **(Skor 30)**

Jawaban

Untuk reaksi orde satu

$$\ln \frac{(a-x)}{a} = -kt$$

$$\ln \frac{(a-x)}{a} = -(2,4 \times 10^{-5})(7200)$$

$$\ln \frac{(a-x)}{a} = -0,3456$$

$$\frac{(a-x)}{a} = 0,25045$$

$$= 0,25045 \times 100\%$$

$$= 25\%$$

3. Mekanisme reaksi menggambarkan satu atau lebih langkah/tahap yang terjadi pada sebuah reaksi keseluruhan sehingga dapat digambarkan bagaimana beberapa ikatan putus dan terbentuk ikatan yang baru. Tahapan reaksi yang menggambarkan jalan detail terjadinya perubahan pereaksi menjadi hasil reaksi disebut reaksi elementer. Jelaskan apa yang dimaksud dengan reaksi elementer!. **((Skor 25)**

Jawaban

Reaksi elementer adalah reaksi yang menyatakan reaksi pada tingkat molekuler. Reaksi elementer dikelompokkan berdasarkan bentuk molekuleritas, yaitu jumlah partikel pereaksi yang terlibat dalam reaksi seperti bimolekuler, termolekuler, dan sebagainya. Pereaksi dalam reaksi elementer biasanya merupakan suatu media antara (*intermediate*) dengan kereaktifan tinggi, baik dalam bentuk atom, radikal bebas, maupun dalam bentuk fragmen ionik dari molekul yang besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Brady, J.E and Humiston, G.E. 1986. *General Chemistry, Principles and Structures*. New York: John Willey and Sons.
- Chang, R. 2005. *General Chemistry The Essential Concepts* Third Edition. USA: McGraw Hill.
- Petruci, R.H., Harwood, W.S., Herring, F.G., & Madura J.D.. 2007. *Kimia Dasar: Prinsip-Prinsip dan Aplikasi Modern* Edisi Kesembilan. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Sunarya. 2012. *Kimia Dasar 2*. Bandung: CV Yrama Widya.
- Syukri. 1999. *Kimia Dasar 2*. Bandung: Penerbit ITB.
- Tim Kimia Dasar. 2007. *Kimia Dasar II*. Surabaya: Jurusan Kimia FMIPA Unesa.

GLOSARIUM

Energi Aktivasi energi minimum yang diperlukan, sehingga suatu reaksi dapat berlangsung.

Energi Kinetik energi dari gerakan. Energi kinetik suatu objek dengan massa m dan kecepatan v adalah $E_k = \frac{1}{2} mv^2$

Laju Reaksi Besaran yang menyatakan perubahan konsentrasi pereaksi atau produk dalam satuan waktu.

Laju Reaksi Rata-rata jumlah atau konsentrasi hasil reaksi yang dihasilkan dibagi dengan waktu yang diperlukan untuk menghasilkannya.

Molaritas Jumlah mol zat terlarut dalam 1 liter larutan, dengan satuan *mol/L*.

Persamaan Reaksi Persamaan yang menyatakan hubungan laju reaksi dengan konsentrasi pereaksi.

Reaksi kimia Suatu proses yang mengubah suatu sistem dari keadaan awal yang terdiri atas zat-zat pereaksi menjadi suatu keadaan akhir yang berupa hasil-hasil reaksi.

Teori tumbukan Teori yang menjelaskan tentang terjadinya suatu reaksi akibat adanya tumbukan.

Tumbukan efektif tumbukan yang menghasilkan zat hasil reaksi karena posisi/orientasi molekul tepat dan energi kinetik yang dimiliki cukup.

ISBN 978-602-60306-9-6



9 786026 030696



REPUBLIK INDONESIA
KEMENTERIAN HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA

SURAT PENCATATAN CIPTAAN

Dalam rangka perlindungan ciptaan di bidang ilmu pengetahuan, seni dan sastra berdasarkan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta, dengan ini menerangkan:

Nomor dan tanggal permohonan : EC00202055066, 2 Desember 2020

Pencipta

Nama : **Dr. H> Rusmansyah, M. Pd. dan Drs. H. Abdul Hamid, M. Si.**

Alamat : Jln Raga Samudera NO 53 RT 44 RW 003 Komplek Herlina I Tembus Perumnas Kayu Tangi Banjarmasin , Banjarmasin, KALIMANTAN SELATAN, 70125

Kewarganegaraan : Indonesia

Pemegang Hak Cipta

Nama : **Dr. H. Rusmansyah, M. Pd. dan Drs. H. Abdul Hamid, M. Si.**

Alamat : Jln Raga Samudera No 53 RT 44 RW 003 Komplek Herlina I Tembus Perumnas Kayu Tangi Banjarmasin, Banjarmasin, KALIMANTAN SELATAN, 70125

Kewarganegaraan : Indonesia

Jenis Ciptaan : **Buku**

Judul Ciptaan : **Buku Ajar Kimia Untuk Guru :Laju Reaksi**

Tanggal dan tempat diumumkan untuk pertama kali di wilayah Indonesia atau di luar wilayah Indonesia : 1 Desember 2020, di Banjarmasin

Jangka waktu perlindungan : Berlaku selama hidup Pencipta dan terus berlangsung selama 70 (tujuh puluh) tahun setelah Pencipta meninggal dunia, terhitung mulai tanggal 1 Januari tahun berikutnya.

Nomor pencatatan : 000222398

adalah benar berdasarkan keterangan yang diberikan oleh Pemohon.

Surat Pencatatan Hak Cipta atau produk Hak terkait ini sesuai dengan Pasal 72 Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta.



a.n. MENTERI HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA
DIREKTUR JENDERAL KEKAYAAN INTELEKTUAL

Dr. Freddy Harris, S.H., LL.M., ACCS.
NIP. 196611181994031001