


LAJU REAKSI

Observasi Lingkunganmu!

Perhatikan perubahan kimia yang terjadi disekitar kehidupan kalian. Adakah perubahan yang berlangsung cepat atau berlangsung lambat? Amatilah laju reaksi yang terjadi pada proses pembusukan buah-buahan atau makanan, perkaratan logam besi, proses terbentuknya batu bara dan tersulutnya senyawa amonium nitrat.

Tabel 1. Perkiraan laju reaksi proses di sekitar kehidupan siswa

| Proses di amati | Perkiraan laju reaksi | Keterangan |
|--|--------------------------------------|--|
| Pembusukan buah 7/2/  (jatim.tribunnews.com/) | Berlangsung sedang, ukuran hari | Makanan dan buah buahan setelah dibiarkan beberapa hari diudara terbuka akan mengalami proses pembusukan dan tidak layak dikonsumsi |
| Korosi besi  (https://id.quora.com/) | Berlangsung lama, ukuran minggu | Korosi adalah rusaknya benda benda logam karena pengaruh lingkungan antara lain kelembaban udara, air dan zat elektrolit. |
| Terbentuknya batu bara  (kabar-energi.com) | Berlangsung lama, berjuta juta tahun | Batu bara merupakan bahan bakar fosil yang menjadi sumber energi pembangkit listrik dan berfungsi sebagai bahan bakar pokok untuk produksi baja dan semen |
| Meledaknya amonium nitrat | Berlangsung cepat, hitungan menit | Amonium nitrat (NH_4NO_3) dari rumus kimianya , mengandung unsur nitrogen yang bermanfaat untuk pertanian. Jika amonium nitrat ini tersulut api akan timbul gas nitro oksida dan uap air yang mudah meledak. |



(riaunews.com)

1. Konsep laju reaksi

Laju reaksi kimia adalah perubahan konsentrasi pereaksi atau produk dalam suatu satuan waktu.

Laju reaksi dapat dinyatakan sebagai laju berkurangnya konsentrasi suatu pereaksi atau laju bertambahnya konsentrasi suatu produk persatuan waktu

$$\text{Laju reaksi } R \rightarrow P$$

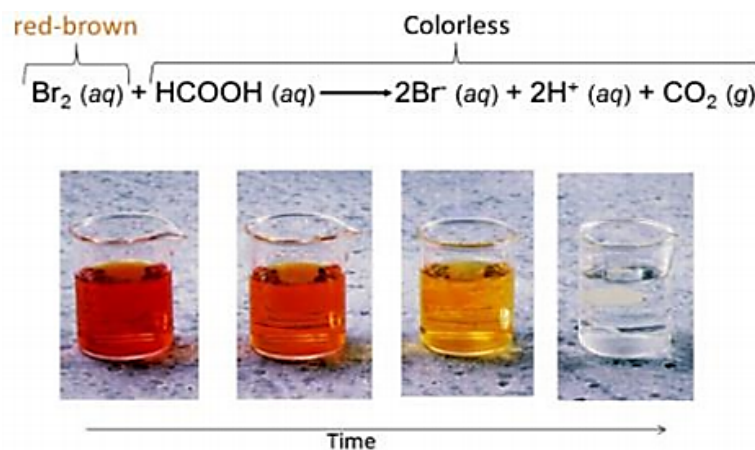
$$\text{Laju reaksi, } V_R = - \frac{\Delta[R]}{\Delta t} - \frac{\Delta[R]}{\Delta t} \quad \text{atau } V_P = + \frac{\Delta[P]}{\Delta t} + \frac{\Delta[P]}{\Delta t}$$

Keterangan:

$- \frac{\Delta[R]}{\Delta t} - \frac{\Delta[R]}{\Delta t}$ = laju pengurangan konsentrasi pereaksi R tiap satuan waktu

$+ \frac{\Delta[P]}{\Delta t} + \frac{\Delta[P]}{\Delta t}$ = laju penambahan konsentrasi produk P tiap satuan waktu

Untuk lebih memahami konsep ini, coba amati gambar hasil reaksi antara bromin (Br_2) dengan asam formiat (HCOOH) berikut :



Gambar 1. Hasil uji reaksi Br_2 dengan HCOOH

Awal reaksi, bromin berwarna coklat kemerahan. Beberapa saat kemudian, bromin menjadi tidak berwarna. Hal ini menunjukkan adanya pengurangan konsentrasi bromin dalam satu satuan waktu.

Ungkapan laju reaksi dalam eksperimen ini adalah

- Laju berkurangnya konsentrasi pereaksi (larutan Br_2) dalam satu satuan waktu ditunjukkan oleh laju memudarnya warna larutan
- Laju bertambahnya konsentrasi produk (ion Br^-) dalam satu satuan waktu ditunjukkan oleh laju terbentuknya larutan tidak berwarna

CONTOH SOAL

Tentukan laju reaksi pereaksi dan produk jika dalam suatu percobaan gas ozon (O₃) bereaksi dengan gas etena (C₂H₄) menurut reaksi: C₂H₄ (g) + O₃ (g) → C₂H₄O (g) + O₂ (g)

Jawab :

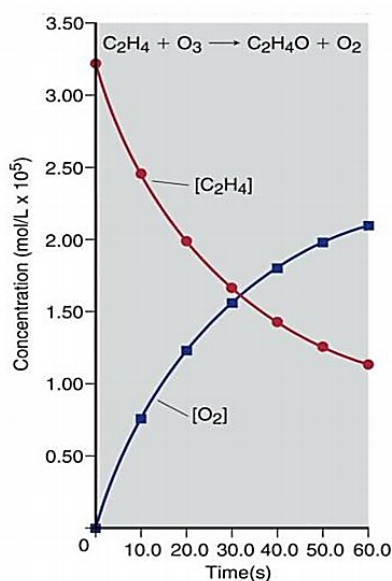
Laju reaksi pereaksi,

$$V_{C_2H_4} = - \frac{\Delta[C_2H_4]}{\Delta t} = - \frac{\Delta[C_2H_4]}{\Delta t} \quad \text{atau} \quad V_{O_3} = - \frac{\Delta[O_3]}{\Delta t} = - \frac{\Delta[O_3]}{\Delta t}$$

Laju reaksi produk,

$$V_{C_2H_4O} = + \frac{\Delta[C_2H_4O]}{\Delta t} = + \frac{\Delta[C_2H_4O]}{\Delta t} \quad \text{atau} \quad V_{O_2} = + \frac{\Delta[O_2]}{\Delta t} = + \frac{\Delta[O_2]}{\Delta t}$$

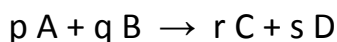
Pendalaman konsep Grafik hasil percobaan reaksi gas ozon (O₃) dengan gas etena (C₂H₄) pada suhu 303 K membuktikan bahwa seiring dengan berjalannya reaksi, konsentrasi pereaksi semakin berkurang dan konsentrasi produk semakin bertambah



2. Persamaan laju reaksi

Laju reaksi dipengaruhi oleh konsentrasi pereaksi. Persamaan laju reaksi menyatakan hubungan antara laju reaksi dengan konsentrasi dari pereaksi dipangkatkan bilangan tertentu.

Untuk reaksi :



Persamaan laju reaksi,

$$V = k [A]^x [B]^y$$

Keterangan,

k : tetapan laju reaksi,

x : orde reaksi terhadap A,

y : orde reaksi terhadap B

Orde persamaan laju reaksi hanya dapat ditentukan secara eksperimen dan tidak dapat diturunkan dari koefisien persamaan reaksi.

Contoh persamaan laju reaksi berdasarkan hasil eksperimen

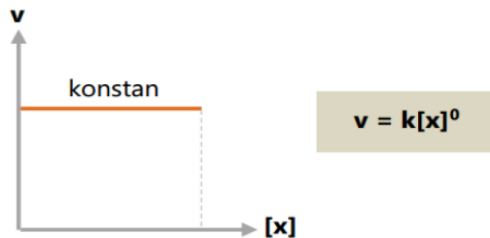
- Reaksi kimia $H_2(g) + I_2(g) \rightarrow 2HI(g)$
 Hasil eksperimen orde reaksi H₂ : 1, orde reaksi I₂ : 1

Persamaan laju reaksi $V = k [H_2] [I_2]$

2. Reaksi kimia $NO_2(g) + CO(g) \rightarrow CO_2(g) + NO(g)$
Hasil eksperimen orde reaksi NO_2 : 2, orde reaksi CO : 0
Persamaan laju reaksi $V = k [NO_2]^2$

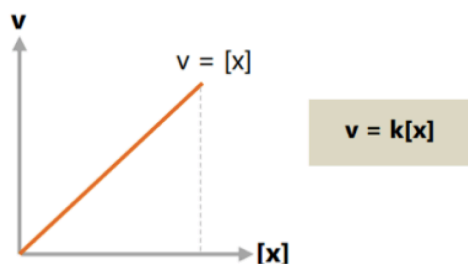
Orde reaksi dapat juga ditentukan dari data percobaan yang digambarkan dengan grafik

a. Reaksi orde nol



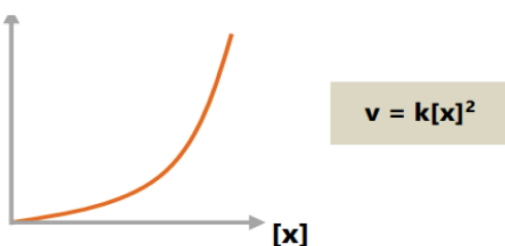
Laju reaksi tidak dipengaruhi oleh besarnya konsentrasi pereaksi.
Persamaan laju reaksinya ditulis, $V = k.[A]^0$.

b. Reaksi orde satu



Laju reaksi dipengaruhi oleh besarnya konsentrasi pereaksi.
Persamaan laju reaksinya ditulis, $V = k.[A]^1$

c. Reaksi orde dua



Pada suatu reaksi orde dua, laju reaksi berubah secara kuadrat terhadap perubahan konsentrasinya.
Persamaan laju reaksinya ditulis, $V = k.[A]^2$

Contoh soal

1. Salah satu reaksi gas yang terjadi dalam kendaraan adalah:
 $NO_2(g) + CO(g) \rightarrow NO(g) + CO_2(g)$



Emisi asap buangan dari colt



Emisi asap buangan dari bus kota

Jika diketahui data eksperimen laju reaksi seperti pada tabel, tentukan orde reaksi $[\text{NO}_2]$ dan $[\text{CO}]$ kemudian tuliskan persamaan laju reaksinya !

| Eksperimen | Laju awal (mol/L.s) | $[\text{NO}_2]$ awal (mol/L) | $[\text{CO}]$ awal (mol/L) |
|------------|---------------------|------------------------------|----------------------------|
| 1 | 0,0050 | 0,10 | 0,10 |
| 2 | 0,0800 | 0,40 | 0,10 |
| 3 | 0,0050 | 0,10 | 0,20 |

Jawab

Dimisalkan persamaan laju reaksi :

$$V = k [\text{NO}_2]^m [\text{CO}]^n$$

a. Menentukan orde NO_2 (nilai m) digunakan data no 1, 2 (data dimana $[\text{CO}]$ tetap)

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{k \{[\text{NO}_2]^m\}_2 \{[\text{CO}]^n\}_2}{k \{[\text{NO}_2]^m\}_1 \{[\text{CO}]^n\}_1}$$

$$\frac{0,0800}{0,0050} = \frac{k (0,40)^m (0,1)^n}{k (0,10)^m (0,1)^n}$$

$$16 = 4^m$$

$$m = 2$$

b. Menentukan orde CO (nilai n) digunakan data no 1, 3 (data dimana $[\text{NO}_2]$ tetap)

$$\frac{V_3}{V_1} = \frac{k \{[\text{NO}_2]^m\}_3 \{[\text{CO}]^n\}_3}{k \{[\text{NO}_2]^m\}_1 \{[\text{CO}]^n\}_1}$$

$$\frac{0,0050}{0,0050} = \frac{k (0,1)^m (0,2)^n}{k (0,1)^m (0,1)^n}$$

$$1 = 2^n$$

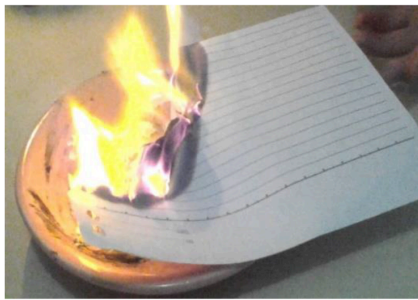
$$n = 0$$

orde total reaksi : $2 + 0 = 2$

c. Persamaan laju reaksi $V = k [\text{NO}_2]^2 [\text{CO}]^0$ ditulis $V = k [\text{NO}_2]^2$

1. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Laju Reaksi

Siswaku yang luar biasa, perhatikan gambar berikut!



Gambar 1. Pembakaran kertas (sumber : <https://www.youtube.com/watch?v=uCBw7wTDOrw> dan www.wallpaperbetter.com)

Apa yang terfikir di benak kalian? Gambar di atas sama-sama menunjukkan pembakaran kertas, manakah yang lebih cepat terbakar? Beda kan? Pada pembakaran di atas kecepatan pembentukan abu dari kertas yang terbakar berupa kertas lembaran dibandingkan dengan kertas yang berupa buku akan memberikan data yang berbeda.

Pada reaksi kimia, pereaksi akan bereaksi untuk membentuk hasil reaksi atau produk, dengan demikian maka pereaksi akan berkurang, sedangkan hasil reaksi atau produk akan bertambah. Apabila perubahan konsentrasi pereaksi atau hasil reaksi dibandingkan dengan banyaknya waktu yang dibutuhkan untuk bereaksi, maka itulah yang dimaksud dengan laju reaksi. Jadi laju reaksi merupakan pernyataan perubahan konsentrasi pereaksi atau hasil reaksi dalam suatu satuan waktu.

Dalam kehidupan sehari-hari kita sering menjumpai reaksi kimia yang berlangsung dengan cepat maupun lambat. Apakah kalian suka melihat nyala kembang api? Kalian juga dapat melakukan sendiri reaksi yang berjalan dengan cepat misalnya dengan membakar selembar kertas. Selain reaksi yang berjalan dengan cepat, pernahkah melihat besi yang berkarat? Perkaratan yang terjadi pada logam tidak secepat laju reaksi pada nyala kembang api tentunya.



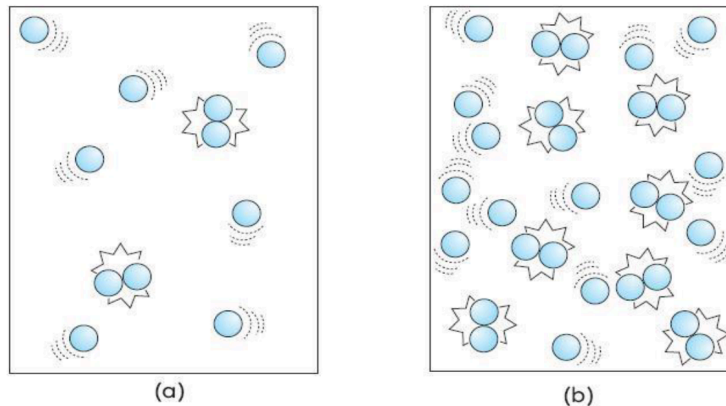
Gambar 2. Nyala kembang api dan perkaratan besi
(Sumber : <https://akcdn.detik.net.id> dan hot Liputan6.com)

Dengan demikian laju reaksi akan berbeda-beda, ada yang berjalan sangat cepat, ada pula yang lambat. Faktor apa saja yang dapat mempengaruhi laju reaksi?

Laju reaksi dapat dipengaruhi beberapa faktor yang antara lain:

a. Konsentrasi

Konsentrasi merupakan banyaknya partikel yang terdapat pada per satuan volum. Dengan demikian semakin tinggi konsentrasinya maka akan semakin banyak partikelnya. Dengan demikian semakin tinggi konsentrasi, semakin besar pula kemungkinan terjadinya tumbukan antar partikel, sehingga semakin tinggi pula laju reaksinya. Agar lebih jelas kalian perhatikan gambar berikut!



Gambar 3. Reaktan dengan konsentrasi yang berbeda (sumber : nafiun.com)

Gambar (a) menunjukkan konsentrasi yang lebih rendah dibanding (b). Pada gambar (b) menghasilkan tumbukan lebih banyak dibandingkan dengan gambar (a). Dengan demikian laju reaksi pada (b) akan lebih tinggi dibanding reaksi yang terjadi pada (a).

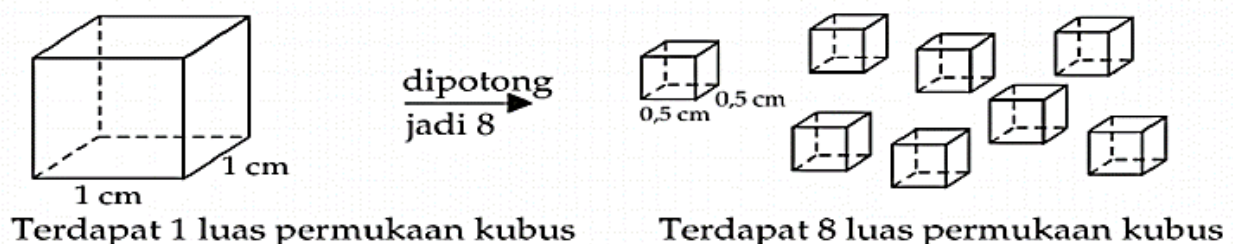
Suatu larutan dengan konsentrasi tinggi tentu mengandung partikel-partikel yang lebih rapat dibandingkan dengan konsentrasi larutan rendah. Larutan dengan konsentrasi tinggi merupakan larutan pekat dan larutan dengan konsentrasi rendah merupakan larutan encer. Semakin tinggi konsentrasi berarti semakin banyak partikel-partikel dalam setiap satuan volume ruangan, dengan demikian tumbukan antar partikel semakin sering terjadi, semakin banyak tumbukan yang terjadi berarti kemungkinan untuk menghasilkan tumbukan efektif semakin besar, sehingga reaksi berlangsung lebih cepat.

b. Luas Permukaan

Pada reaksi yang reaktannya terdapat dalam fasa padat, laju reaksi dipengaruhi oleh luas permukaan. Pernahkah kalian memperhatikan saat ibu kalian memasak? Mengapa bumbu-bumbu dihaluskan atau bahan yang akan dimasak dipotong menjadi potongan yang lebih kecil? Mengapa tidak berupa bumbu-bumbu tersebut tidak dalam keadaan utuh? Tujuannya agar rasa serta aroma yang berasal dari bumbu-bumbu tersebut agar lebih meresap serta lebih cepat matang bukan? Begitu pula saat kita membakar sebuah buku, buku tersebut akan lebih cepat terbakar bila buku tersebut kita buat menjadi lembaran dibandingkan bila kita membakar buku tersebut dalam keadaan masih dalam keadaan utuh. Dengan dibuat menjadi lembaran-lembaran kertas, maka buku tersebut akan memiliki luas permukaan yang lebih besar.

Maka pada benda padat dengan masa yang sama, semakin kecil ukuran suatu materi, maka mengandung arti memperluas permukaan sentuh materi tersebut. Bayangkan jika kalian mempunyai benda berbentuk kubus dengan ukuran rusuk panjang, lebar, dan tinggi sama, yaitu 1 cm. Berapa luas permukaan kubus tersebut? Secara matematika dapat dihitung bahwa luas permukaan kubus sebesar 6 kali luas sisinya. Karena kubus mempunyai 6 sisi yang sama, maka jumlah luas permukaannya adalah $6 \times 1 \text{ cm} \times 1 \text{ cm} = 6 \text{ cm}^2$.

Sekarang jika kubus tersebut dipotong sehingga menjadi 8 buah kubus yang sama besar, maka keempat kubus akan mempunyai panjang, lebar, dan tinggi masing-masing 0,5 cm. Luas permukaan untuk sebuah kubus menjadi $6 \times 0,5 \text{ cm} \times 0,5 \text{ cm} = 1,5 \text{ cm}^2$. Jumlah luas permukaan kubus menjadi $8 \times 1,5 \text{ cm}^2 = 12 \text{ cm}^2$. Jadi, dengan memperkecil ukuran kubus, maka total luas permukaan menjadi semakin banyak.



Gambar 4. Perbandingan luas permukaan kubus yang diperkecil
(Sumber : 2Fhdzawinnuha.wixsite.com)

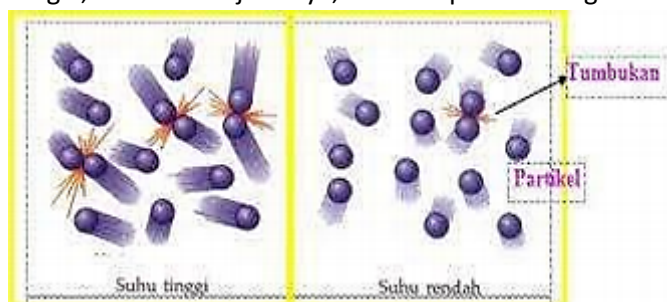
Jika ukuran partikel suatu benda semakin kecil, maka akan semakin banyak jumlah total permukaan benda tersebut. Dengan menggunakan teori tumbukan dapat dijelaskan bahwa semakin luas permukaan bidang sentuh zat padat semakin banyak tempat terjadinya tumbukan antar partikel zat yang bereaksi sehingga laju reaksinya makin cepat.

c. Suhu

Pernahkah kalian perhatikan saat memasak, lebih cepat matang mana antara memasak dengan nyala api yang kecil dengan nyala api yang besar? Tentu lebih cepat matang apabila kita memasak dengan nyala api yang besar bukan? Bagaimana suhu pada api yang besar, lebih besar bukan? Dalam hal ini berarti suhu merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi laju reaksi.

Setiap partikel selalu bergerak, dengan menaikkan temperatur, energi gerak atau energi kinetik partikel bertambah, sehingga tumbukan lebih sering terjadi. Pada frekuensi tumbukan yang semakin besar, maka kemungkinan terjadinya tumbukan efektif yang mampu menghasilkan reaksi juga semakin besar. Begitu pula sebaliknya, apabila suhu diturunkan maka gerakan partikel akan lebih lambat sehingga energi kinetik dari partikel tersebut lebih kecil, sehingga semakin kecil pula kemungkinan tumbukan yang akan menghasilkan tumbukan efektif. Dengan menurunnya kemungkinan tumbukan efektif tentu saja akan berakibat menurun pula laju reaksinya.

Siswaku semua yang berbahagia, untuk lebih jelasnya, silahkan perhatikan gambar berikut!



Gambar 5. Perbandingan gerak partikel pada suhu tinggi dan rendah (Sumber : Fsimdos.unud.ac.id)

Suhu atau temperatur ternyata juga memperbesar energi potensial suatu zat. Zat-zat yang energi potensialnya kecil, jika bertumbukan akan sukar menghasilkan tumbukan efektif. Hal ini terjadi karena zat-zat tersebut tidak mampu melampaui energi aktivasi. Dengan menaikkan suhu, maka hal ini akan memperbesar energi potensial, sehingga ketika bertumbukan akan menghasilkan reaksi.

Setiap partikel dalam keadaan selalu bergerak. Dengan menaikkan temperatur, maka kecepatan gerak partikel menjadi lebih tinggi, dengan demikian energi gerak atau energi kinetik partikel bertambah, sehingga tumbukan lebih sering terjadi. Dengan frekuensi tumbukan yang semakin besar, maka kemungkinan terjadinya tumbukan efektif yang mampu menghasilkan reaksi juga semakin besar.

d. Katalis

Faktor yang mempengaruhi laju reaksi berikutnya adalah katalis. Apa itu katalis? Katalis adalah zat yang dapat mempengaruhi laju reaksi. Katalis adalah suatu zat yang dapat mempengaruhi laju reaksi, tanpa dirinya mengalami perubahan yang kekal. Suatu katalis mungkin dapat terlibat dalam proses reaksi atau mengalami perubahan selama reaksi berlangsung, tetapi setelah reaksi itu selesai maka katalis akan diperoleh kembali dalam jumlah yang sama.

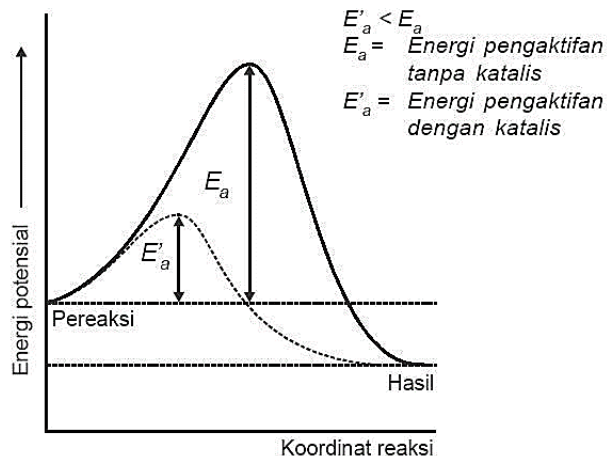
Apabila katalis tersebut dapat mempercepat laju reaksi maka dikenal dengan istilah katalisator, namun apabila katalis tersebut memperlambat laju suatu reaksi maka disebut inhibitor atau katalis negatif. Hanya saja secara umum istilah katalis digunakan untuk zat yang dapat mempercepat reaksi.

Untuk muridku semua, apakah reaksi harus dalam keadaan cepat semuanya? Bukankah lebih cepat lebih baik, sehingga reaksi dapat segera selesai? Tidak semua reaksi diharapkan berjalan dengan lebih cepat.

Untuk reaksi-reaksi yang sifatnya merugikan maka reaksi diharapkan berjalan selambat mungkin, misalnya reaksi pembusukan dan reaksi perkaratan pada logam.

Berdasar wujud atau fasanya, katalis dibedakan menjadi katalis homogen dan katalis heterogen. Disebut katalis homogen apabila wujud atau fasa katalis tersebut sama dengan fasa zat pereaksinya, begitu pula sebaliknya, apabila fasa katalis berbeda dengan fasa zat pereaksinya maka disebut katalis heterogen. Contohnya pada reaksi pembentukan gas SO_3 , pada reaksi tersebut dapat digunakan gas NO dan gas NO_2 , maka gas NO dan gas NO_2 tersebut disebut katalis homogen, karena fasa atau wujudnya sama, yaitu sama-sama gas.

Bagaimana prinsip kerja katalis dalam mempercepat suatu reaksi? Katalis dapat mempercepat laju reaksi karena menyediakan alternatif jalur reaksi dengan energi aktivasi yang lebih rendah dibanding jalur reaksi tanpa katalis sehingga reaksinya menjadi semakin cepat. Perhatikan grafik berikut!

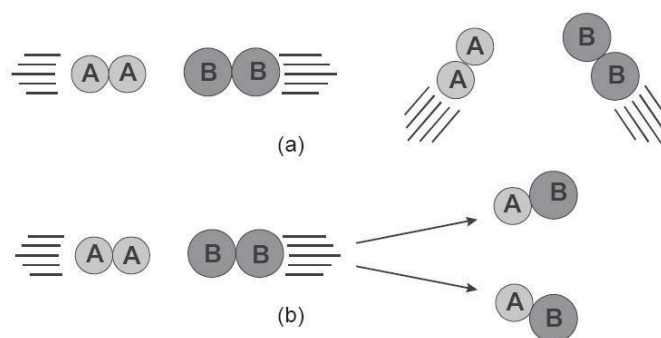


Grafik 1. Perbandingan besarnya Energi potensial reaksi tanpa dan dengan katalis (Sumber: www.nafiu.com)

Dengan rendahnya energi aktivasi pada reaksi yang menggunakan katalis di banding reaksi yang tanpa katalis, maka reaksi tersebut akan memiliki laju reaksi lebih cepat.

2. Teori Tumbukan

Bagaimana pendapat kalian belajar menggunakan modul ini? Mudah bukan? Setelah mempelajari konsep laju reaksi selanjutnya kalian akan mempelajari tentang teori tumbukan. Pada pembelajaran laju reaksi dikenal suatu pendekatan untuk menjelaskan tentang laju reaksi yaitu teori tumbukan. Pendekatan ini digunakan untuk mempermudah logika berfikir kritis dan logis serta untuk menjelaskan secara ilmiah tentang laju reaksi. Teori ini menyatakan bahwa partikel-partikel reaktan atau pereaksi harus saling bertumbukan terlebih dahulu sebelum terjadinya reaksi. Tumbukan antar partikel reaktan yang berhasil menghasilkan reaksi disebut tumbukan efektif, sedangkan tumbukan yang tidak menghasilkan reaksi disebut tumbukan tidak efektif. Tidak semua tumbukan dapat menghasilkan tumbukan efektif. Energi minimum yang harus dimiliki oleh partikel reaktan untuk bertumbukan efektif disebut energi aktivasi (E_a). Untuk lebih jelasnya perhatikan ilustrasi di bawah ini!



Gambar 6.

Tumbukan tidak efektif dan tumbukan efektif (sumber : nafiun.com)

Pada ilustrasi (a), AA dan BB bertumbukan, akan tetapi dari tumbukan tersebut tidak menghasilkan zat baru, hal tersebut berarti tumbukan tersebut tidak menghasilkan reaksi kimia. Berbeda dengan ilustrasi (a), pada ilustrasi (b) tumbukan antara AA dan BB dapat menghasilkan zat baru berupa 2 buah AB. Hal tersebut berarti tumbukan pada ilustrasi (b) menyebabkan terjadinya reaksi. Tumbukan pada ilustrasi (b) inilah yang dikenal dengan istilah tumbukan efektif. Semoga penjelasan pada modul ini dapat kalian pahami dengan baik.

GLOSARIUM

| | |
|---------------------------|--|
| Laju reaksi | : Perubahan konsentrasi dari reaktan ataupun produk per satu satuan waktu. |
| Teori Tumbukan | : Teori yang menyatakan bahwa partikel-partikel pereaksi atau reaktan harus bertumbukan untuk terjadinya suatu reaksi |
| Tumbukan efektif | : Tumbukan yang dapat menyebabkan reaksi kimia dapat berlangsung |
| Energi aktivasi (E_a) | : Energi minimal yang harus dimiliki oleh partikel pereaksi sehingga menghasilkan tumbukan efektif |
| Konsentrasi | : Banyaknya partikel per satuan volum |
| Luas permukaan | : Luas total keseluruhan permukaan suatu benda, yang dihitung dengan menjumlahkan seluruh permukaan pada benda tersebut. |
| Suhu | : Derajat panas benda atau zat |
| Katalis | : Zat yang dapat mempengaruhi laju reaksi |
| Persamaan laju reaksi | : Hubungan antara laju reaksi dengan konsentrasi dari pereaksi dipangkatkan bilangan tertentu |
| Reaksi orde nol | : Laju reaksi tidak dipengaruhi oleh besarnya konsentrasi pereaksi |
| Reaksi orde satu | : Laju reaksi dipengaruhi oleh besarnya konsentrasi pereaksi |
| Reaksi orde dua | : Pada suatu reaksi orde dua, laju reaksi berubah secara kuadrat terhadap perubahan konsentrasinya |
| Tahap penentu laju reaksi | : Tahap reaksi kimia yang paling lambat dalam mekanisme reaksi |

DAFTAR PUSTAKA

Johari, J.M.C. dan Rachmawati, M, 2006. *Kimia SMA dan MA untuk Kelas XI*, Esis, Jakarta
Sudarmo, Unggul & Mitayani, Nanik, 2014, *Kimia untuk SMA /MA kelas XI*, Jakarta, Airlangga
Sudiono, Sri & Juari Santosa, Sri dan Pranowo, Deni, 2007, *Kimia Kelas XI untuk SMA dan MA*, Jakarta, Intan Pariwara
<https://www.youtube.com/watch?v=uCBw7wTDOrw> [diakses pada 10 September 2020]
<https://www.wallpaperbetter.com> [diakses pada 10 September 2020]
www.nafiun.com [diakses pada 10 September 2020]
<https://jatim.tribunnews.com> [diakses pada 10 September 2020]