

I. INFORMASI UMUM

A. Identitas Modul

Nama Guru	: Ni Made Dwi Desiyanti, S.Si.
Jenjang Sekolah	: SMA
Satuan Pendidikan	: SMA Negeri 2 Kuta Selatan
Tahun Ajaran	: 2023/2024
Kelas	: XI/Fase F
Alokasi Waktu	: 5 x 45 menit (2 kali pertemuan)

B. Kompetensi Awal

Kompetensi yang harus dimiliki sebelum mempelajari kesetimbangan kimia yaitu murid telah : memahami konsentrasi suatu zat, materi laju reaksi, murid mengetahui maksud dari kesetimbangan yang bersifat dinamis.

C. Profil Pelajar Pancasila

Profil Pelajar Pancasila yang diharapkan dapat tercapai yaitu : mandiri, gotong royong, dan Bernalar Kritis.

D. Sarana Prasarana

- HP/laptop/infokus
- Jaringan internet, buku paket murid, alat tulis dan bahan ajar

E. Model Pembelajaran

Model pembelajaran yang digunakan *Guided Discoveri Learning* untuk Pembelajaran Tatap Muka.

II. KOMPETENSI INTI

A. Tujuan Pembelajaran

Murid mampu memahami pergeseran kesetimbangan dan faktor – faktor yang mempengaruhi kesetimbangan serta kesetimbangan dalam industri

B. Pemahaman Bermakna

Setelah mengikuti pembelajaran ini, murid memahami pergeseran kesetimbangan dan faktor – faktor yang mempengaruhi kesetimbangan serta kesetimbangan dalam industri

C. Pertanyaan Pemantik

- Sesuatu dikatakan seimbang jika?
- Apakah sesuatu yang telah mencapai suatu keseimbangan dapat mengalami pergeseran keseimbangan?

D. Kegiatan Pembelajaran

KEGIATAN PENDAHULUAN (20 menit)	
Orientasi ➤ Guru memberi salam dan menyapa murid ➤ Murid dan guru berdoa untuk memulai pembelajaran	
Apersepsi Guru melakukan apersepsi (bertanya kepada murid terkait materi yang berhubungan dengan materi pergeseran kesetimbangan kimia) Masih ingatkah anak-anak apa itu kesetimbangan kimia? bagaimana reaksi yang dikatakan dalam keadaan setimbang? Pada pertemuan kali ini, kita akan membahas pergeseran kesetimbangan, dimana ada faktor – faktor yang menyebabkan mengapa suatu reaksi kesetimbangan bisa mengalami pergeseran, serta kesetimbangan kimia dalam industri.	
Motivasi Guru menyampaikan tujuan pembelajaran pada pertemuan yang berlangsung	
Pemberian Acuan Membagi kelompok sesuai dengan tingkat kemampuan murid disertai LKPD dan bahan ajar	

KEGIATAN INTI (190 menit)	
Sintak Model Pembelajaran	Kegiatan Pembelajaran
Stimulation (stimulus/pemberi anrangsangan)	Murid memusatkan perhatian pada gambar, wacana singkat yang terdapat pada LKPD serta video pembelajaran yang berkaitan dengan materi pergeserankesetimbangan kimia https://www.youtube.com/watch?v=NdfWE1xRErk&feature=share&si=ELPmzJkDCLju2KnD5oyZMQ (mengamati)

Problem statemen (pertanyaan/identifikasi masalah)	Setelah memperhatikan gambar dan wacana yang terdapat pada LKPD, timbul pertanyaan dari murid. Pertanyaan yang mungkin muncul yaitu : 1. Bagaimana kaitan antara gambar dengan factor yang mempengaruhi pergeseran kesetimbangan ? 2. Bagaimana arah pergeseran jika dipengaruhi oleh suhu, konsentrasi, tekanan, dan volume? 3. Bagaimana kesetimbangan kimia bisa diterapkan dalam dunia industri? (menanya) Guru membimbing murid dalam membuat pertanyaan agar tidak menyimpang dari tujuan pembelajaran
Data collection (pengumpulan data)	Murid dalam kelompoknya berdiskusi mengolah data hasil pengamatan dengan cara : (menalar) ➤ Berdiskusi mengenai data yang diperoleh dari pergeseran kesetimbangan kimia dan kesetimbangan dalam industri ➤ Mengolah informasi materi pergeseran kesetimbangan kimia dan kesetimbangan dalam industry yang sudah diperoleh dari hasil diskusi dengan melakukan aktivitas yang terdapat pada LKPD Guru melakukan penilaian terhadap proses murid dalam melakukan kegiatan diskusi kelompok
Verificatio (pembuktian)	1. Murid mempresentasikan hasil diskusi yang telah dilakukan dengan cara : a. Setiap kelompok memilih anggota yang bertugas untuk : ➤ Menuliskan hasil tetapan kesetimbangan di papan tulis ➤ Membacakan jawaban pertanyaan pada LKPD ➤ Menjawab pertanyaan dari kelompok lain ➤ Mengumpulkan pertanyaan – pertanyaan dari kelompok lain b. Presentasi dilakukan di depan kelas 2. Murid dari kelompok lain beserta Guru memberikan tanggapan dan menganalisis hasil presentasi meliputi tanya jawab untuk mengkonfirmasi, memberikan tambahan informasi, melengkapi informasi ataupun tanggapan lainnya. 3. Murid membuktikan hasil pekerjaannya dengan membaca literatur dan mencocokkan jawabannya. Guru melakukan penilaian proses berdasarkan presentasi kelompok.
Generalization (menarik kesimpulan)	➤ Murid melakukan refleksi, resume dan membuat kesimpulan secara lengkap, komprehensif dan dibantu guru dari materi yang terkait pergeseran kesetimbangan kimia dan kesetimbangan dalam industri
KEGIATAN PENUTUP (15 menit)	
1. Guru dan murid merangkul bersama pembelajaran yang telah dilaksanakan 2. Guru mengingatkan tentang materi untuk pertemuan berikutnya tentang laju reaksi 3. Guru dan murid mengucapkan salam dan berdoa	

E. Asesmen

Bentuk asesmen :

- Sikap (Profil Pelajar Pancasila) berupa observasi
- Performa berupa : Presentasi dan unjuk kerja
- Tertulis (tes tulis: soal AKM)

F. Pengayaan dan Remedial

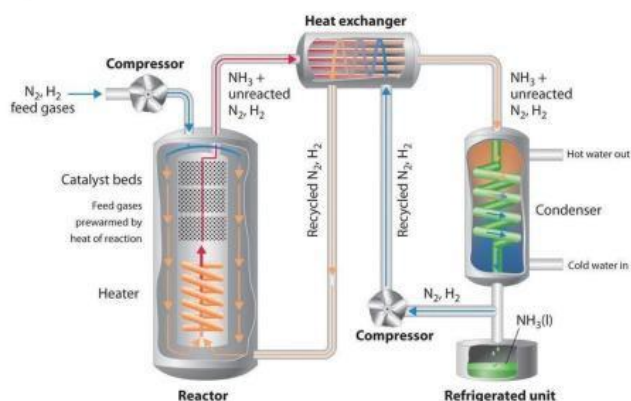
Soal Pengayaan untuk murid yang telah mencapai tujuan pembelajaran. Soal Remedial untuk murid yang belum mencapai tujuan pembelajaran.

LKPD PERGESERAN KESETIMBANGAN

LITERASI	HOTS • Analisis • Evaluasi	SIKAP • Kreatif • Kerja Sama • Bernalar Kritis
-----------------	--	---

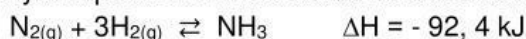
1) Stimulus/Pemberian Rangsangan

Perhatikan gambar dibawah ini.



Gambar 1. Pembuatan Amoniak dengan Haber – Bosch

Amoniak (NH_3) merupakan senyawa nitrogen yang sangat penting, baik sebagai dasar pembuatan pupuk maupun sebagai pelarut yang baik untuk berbagai senyawa ionik dan senyawa polar. Amoniak dibuat berdasarkan reaksi berikut



Proses itu ditemukan pertama kali oleh Fritz Haber (1868-1934) yang berkebangsaan Jerman. Proses itu dikembangkan lebih lanjut oleh Carl Bosch (1874-1940). Oleh karena itu pembuatan amoniak dari reaksi antara gas H_2 dan N_2 dikenal dengan proses Haber-Bosch. Berdasarkan azas Le Chatelier, untuk mendapatkan NH_3 yang besar, pada reaksi itu harus digunakan temperatur yang rendah dan tekanan yang tinggi. Dengan demikian, kesetimbangan akan bergeser ke arah NH_3 . Akan tetapi, reaksi tersebut berlangsung sangat lambat pada suhu rendah, bahkan pada suhu 500°C sekalipun.

Dipihak lain, karena reaksi ke kanan eksoterm, penambahan suhu akan mengurangi rendemen. Proses Haber-Bosch semula dilangsungkan pada suhu sekitar 500°C dan tekanan sekitar 150- 350 atm dengan katalisator, yaitu serbuk besi dicampur dengan Al_2O_3 , MgO , CaO , dan K_2O . Dewasa ini, seiring dengan kemajuan teknologi, digunakan tekanan yang jauh lebih besar bahkan mencapai 700 atm. Untuk mengurangi reaksi balik, maka amonia yang terbentuk segera dipisahkan. Produksi amoniak terutama digunakan untuk pembuatan ammonium sulfat, urea, asam nitrat, dan senyawa-senyawa nitrogen lainnya.

1) Pertanyaan/Identifikasi Masalah

Berdasarkan gambar dan wacana diatas, jawablah pertanyaan ini!

PERTANYAAN

1. Perhatikan arah panah pada model 1, bagaimanakah reaksi pembuatan amoniaterjadi?
2. Berdasarkan azas le Chatelier, tentukan kondisi yang menguntungkan agar dihasilkan NH_3 lebih banyak!

2) Pengumpulan Data

Tuliskan jawaban pertanyaan yang telah dibuat pada kolom dibawah ini

JAWABAN PERTANYAAN

- 1.....
.....
.....
- 2.....
.....
.....

3) Pengolahan Data

Setelah memahami faktor pergeseran kesetimbangan, jawablah pertanyaan dibawah ini bersama kelompok! Jawaban boleh diambil dari buku paket atau internet

1. Pada suhu 440°C terjadi kesetimbangan $\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HI}(\text{g})$ mengandung 0,004 mol gas H_2 , dan gas HI sebesar 0,31 mol. Jika dengan suhu yang sama ditambah HI sebesar 0,2 mol, tentukanlah arah pergeseran kesetimbangannya!
2. Tentukan arah pergeseran kesetimbangan dibawah ini bila suhu dinaikkan
 - a. $\text{CO}(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(\text{g})$ $\Delta H = -129 \text{ kJ}$
 - b. $2\text{NO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$ $\Delta H = +98 \text{ kJ}$
 - c. $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{g})$ $\Delta H = -24 \text{ kJ}$
3. Bila dalam sistem kesetimbangan terjadi reaksi sebagai berikut:
 $\text{Fe}^{3+}(\text{aq}) + \text{SCN}^{-}(\text{aq}) \rightleftharpoons [\text{FeSCN}]^{2+}(\text{aq})$
 kuning jingga tidak berwarna merah-darah
 - a. Dari reaksi diatas, bagaimana cara menggeser kesetimbangan kekiri
 - b. Bagaimana perubahan warna larutan jika volume diperbesar
4. Sesuai dengan asas Le Chatelier, agar reaksi dapat berjalan ke arah kanan, maka syarat apa saja yang harus dipenuhi dalam reaksi

Setelah menyelesaikan kegiatan belajar ini, tuliskan kesimpulan dari materi yang telah dibahas bersama.

Lampiran 2

A. Penilaian Ranah Sikap

1. LEMBAR OBSERVASI

No	Aspek yang dinilai	Teknik penilaian	Waktu penilaian	Instrument
1	Kreatif	Pengamatan	Proses dan tugas	Lembar observasi
2	Kerja sama	Pengamatan	Proses dan tugas	Lembar observasi
3	Mandiri	Pengamatan	Tugas	Lembar observasi
4	Bernalar Kritis	Pengamatan	Proses	Lembar observasi

2. RUBRIK PENILAIAN SIKAP

No.	Nama Murid	Aspek Sikap yang dinilai				Jumlah Skor	Skor Sikap	Kode Nilai
		Kreatif	Kerja sama	Mandiri	Bernalar Kritis			
1	Aulia SRG							
2								

ASPEK	INDIKATOR	NILAI
Kreatif	Murid memiliki rasa ingin tahu	25
	Murid tertarik dalam mengerjakan tugas	25
	Murid berani dalam mengambil resiko	25
	Murid tidak mudah putus asa	25
TOTAL		100
Kerja sama	Murid terlibat aktif dalam bekerja kelompok	25
	Murid bersedia melaksanakan tugas sesuai kesepakatan	25
	Murid bersedia membantu temannya dalam satu kelompok yang mengalami kesulitan	25
	Murid menghargai hasil kerja anggota kelompok	25
TOTAL		100
Mandiri	Murid mampu memecahkan masalah	25
	Murid tidak lari atau menghindari masalah	25
	Murid mampu mengambil keputusan	25
	Murid bertanggung jawab	25
Bernalar Kritis	Murid mampu merumuskan pokok-pokok permasalahan	25
	Murid mampu mengungkap fakta yang dibutuhkan dalam menyelesaikan suatu masalah	25
	Murid mampu memilih argumen logis, relevan, dan akurat	25
	Peserta didik dapat mempertimbangkan kredibilitas (kepercayaan) sumber informasi yang diperoleh.	25
TOTAL		100
SKOR TOTAL		400

CATATAN :

Kode nilai / predikat :

75,01 – 100,00 = Sangat Baik (SB)

$$\text{Nilai} = \frac{\text{Skor yang diperoleh}}{\text{Skor Total}} \times 100$$

50,01 – 75,00 = Baik (B)
 25,01 – 50,00 = Cukup (C)
 00,00 – 25,00 = Kurang (K)

B. Penilaian Ranah Keterampilan

ASPEK	INDIKATOR	NILAI
Kesesuaian respon dengan pertanyaan	Penggunaan tata bahasa baik dan benar	
	Jawaban yang relevan dengan pertanyaan	
	Menjawab sesuai dengan materi	
	Mengaitkan jawaban dengan kehidupan sehari-hari	
Aktifitas diskusi	Keterlibatan anggota kelompok	
	Aktif bertanya dan menanggapi	
	Mencatat hasil diskusi dengan sistematis	
	Memperhatikan dengan seksama saat berdiskusi	
Kemampuan Presentasi	Dipresentasikan dengan percaya diri	
	Dapat mengemukakan ide dan berargumen dengan baik	
	Manajemen waktu presentasi dengan baik	
	Seluruh anggota kelompok berpartisipasi presentasi	
Kerjasama dalam kelompok	Bersedia membantu orang lain dalam satu kelompok	
	Kesediaan melakukan tugas sesuai dengan kesepakatan	
	Terlibat aktif dalam bekerja kelompok	

SKOR TOTAL SEMUA ASPEK = 1500

$$\text{Nilai} = \frac{\text{Skor yang diperoleh}}{\text{Skor Total}} \times 100$$

LAMPIRAN 3

A. ASESMEN FORMATIF

1. Nitrogen monoksida (NO) adalah gas tidak berwarna dan tidak berbau. Gas ini bisa berasal dari banyak hal, dua diantaranya adalah pembakaran sampah dan kendaraan. Nitrogen monoksida (NO) adalah senyawa kimia oksigen dan nitrogen yang terbentuk dari hasil pembakaran pada suhu tinggi, terutama pembakaran bahan bakar, seperti minyak bumi, solar, gas, dan bahan organik. NO merupakan gas berbahaya yang dapat mengganggu sistem pernafasan dengan menurunkan fungsi paru, serta melemahkan sistem pernafasan paru. Pembakaran gas NO dapat berlangsung secara reversible, dengan reaksi

Agar jumlah gas NO yang dihasilkan maksimal, maka tindakan yang diperlukan adalah...

- A. Menaikan tekanan
 - B. Menurunkan tekanan
 - C. Mengecilkan volum
 - D. Menaikkan suhu
 - E. Memperbesar volume
2. Berikut ini adalah faktor-faktor yang mempengaruhi kesetimbangan suatu reaksi reversibel, pilihlah jawaban yang dianggap benar untuk factor yang mempengaruhi kesetimbangan (jawaban boleh lebih dari satu)
 - a) Konsentrasi
 - b) Temperature
 - c) Tekanan
 - d) Katalis
 - e) Harga Kc dan Kp
 - f) Kesetimbangan dinamis
 - g) Volume
 - h) Luas permukaan
 3. Perhatikan reaksi berikut!
 - a. $\text{S(aq)} + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{SO}_2(\text{g})$
 - b. $\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HI}(\text{g})$
 - c. $2\text{SO}_3(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$
 - d. $\text{C(aq)} + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{g})$
 - e. $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g})$

Diantara persamaan reaksi kesetimbangan diatas, yang akan bergeser ke kanan jika tekanan diperbesar, yaitu . . .
 4. Pernyataan dibawah ini merupakan peranan kesetimbangan dalam industry
 1. Penggunaan katalis Fe_3O_4 agar reaksi berlangsung cepat
 2. Tahap pembentukan dioksida SO_2
 3. Tahap pembentukan nitrogen oksida
 4. Tahap penurunan temperature
 5. Pembentukan sulfur trioksida

Dari pernyataan diatas, yang merupakan bagian dari tahap pembuatan asam sulfat dengan proses kontak adalah... (jawaban boleh lebih dari satu)
 5. Reaksi penguraian $2\text{SO}_3(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$ mempunyai tetapan kesetimbangan Kc =

0,025 M pada suhu tertentu. Untuk dapat membatasi penguraian 2 M sampai 20% saja pada suhu tersebut berapa molar perlu ditambahkan gas O₂

JAWABAN

1. Menurut Azas Le Chatelier, jika sistem dalam kesetimbangan terjadi kenaikan suhu, maka akan terjadi pergeseran kesetimbangan kearah reaksi yang menyerap kalor (Apabila koefisien sama antara produk dan reaksi maka volume dan tekanan tidak mempengaruhi reaksi. Reaksi diatas termasuk reaksi endoterm jadi jika dinaikkan suhu maka kesetimbangan akan bergeser kearah reaksi endoterm atau bergeser kearah kanan (NO), jika reaksi bergeser kerah kanan maka nilai Kc akan semakin besar **(D)**
2. Faktor – faktor yang mempengaruhi kesetimbangan adalah konsentrasi, temperature, tekanan dan volume
3. Jika tekanan diperbesar maka volume akan berkurang, reaksi akan bergeser kejumlah koefisien yang paling kecil yaitu pada ruas kanan. Jadi, reaksi yang akan bergeser ke arah kanan yaitu persamaan reaksi **(a, d, dan e)**
4. Pernyataan 1 dan 5

20% dari 2 M = 0,4 M

x adalah jumlah [O₂] yang harus ditambahkan.

Reaksi	: 2SO ₃ (g) ⇌ 2SO ₂ (g) + O ₂ (g)		
Awal	: 2 M	-	-
Bereaksi	: -0,4 M	+0,4 M	+0,2 M + x M
Kesetimbangan	: 1,6 M	0,4 M	(0,2 + x)M

$$K_c = \frac{[SO_2]^2 [O_2]}{[SO_3]^2}$$

$$0,025 = \frac{0,4^2 \cdot (0,2 + x)}{1,6^2}$$

$$0,025 = \frac{0,16(0,2 + x)}{2,56}$$

$$0,025 \times 2,56 = 0,032 + 0,16x$$

$$0,064 = 0,032 + 0,16x$$

$$0,16x = 0,064 - 0,032$$

$$0,16x = 0,032x = \frac{0,032}{0,16}$$

$$x = 0,2M$$

Jadi jumlah [O₂] yang harus ditambahkan sebanyak 0,2 M

E. MATERI AJAR

Link video pembelajaran yang berhubungan dengan materi pergeseran kesetimbangan

<https://www.youtube.com/watch?v=skKVkX0s5Cc&feature=share&si=ELPmzJkDCLju2KnD5oyZMQ>

A. Pergeseran Kesetimbangan

Azas Le Chatelier adalah azas yang digunakan untuk memprediksi pengaruh perubahan kondisi pada kesetimbangan kimia. Azas Le Chatelier berbunyi: "Jika suatu sistem kesetimbangan menerima suatu aksi, maka sistem tersebut akan mengadakan suatu reaksi sehingga pengaruh aksi menjadi sekecil-kecilnya" Cara sistem melakukan reaksi adalah dengan melakukan pergeseran ke kiri atau ke kanan. Pergeseran ke kiri artinya laju reaksi ke arah kiri menjadi lebih besar dan pergeseran ke kanan artinya laju reaksi ke kanan menjadi lebih besar.

Dalam ilmu kimia, Azas Le Chatelier digunakan untuk memanipulasi hasil dari reaksi bolak-balik (reversibel) bahkan bisa juga untuk memperbanyak produk reaksi. Asas Le Chatelier hanya berlaku untuk kesetimbangan dinamis. Perubahan dari keadaan kesetimbangan semula ke keadaan kesetimbangan yang baru akibat adanya aksi atau pengaruh dari luar itu dikenal dengan pergeseran kesetimbangan

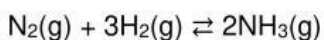
Kesetimbangan kimia adalah kondisi yang dinamis. Oleh karena itu, pergeseran kesetimbangan adalah bagian yang tak terpisahkan dari kesetimbangan itu sendiri. Suatu sistem yang setimbang akan cenderung mempertahankan kesetimbangannya. Apabila ada pengaruh dari luar, maka sistem tersebut akan berubah sedemikian rupa untuk kembali mencapai kondisi setimbang. Hal ini dikenal dengan asas Le Chatelier, yaitu jika dalam suatu sistem kesetimbangan diberikan aksi, maka sistem akan berubah sedemikian rupa sehingga pengaruh aksi tersebut menjadi sekecil mungkin. Adanya aksi pada sistem kesetimbangan menyebabkan pergeseran kesetimbangan.

Pergeseran kesetimbangan adalah kondisi saat reaksi berubah arah karena adanya aksi atau faktor-faktor yang memengaruhi kesetimbangan. Faktor-faktor yang memengaruhi kesetimbangan antara lain sebagai berikut.

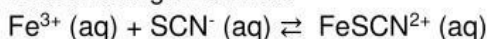
1. Konsentrasi Zat

Dalam suatu sistem kesetimbangan, jika konsentrasi salah satu zat diubah, maka kesetimbangan akan bergeser menjauhi zat yang dinaikkan konsentrasinya atau bergeser ke arah zat yang diturunkan konsentrasinya.

Sebagai contoh, perhatikan reaksi pembentukan amonia dari gas nitrogen dan gas hidrogen berikut.



Apabila konsentrasi N_2 dinaikkan, maka kesetimbangan akan bergeser ke arah pembentukan NH_3 (kanan). Apabila konsentrasi NH_3 diturunkan, maka kesetimbangan juga akan bergeser ke arah pembentukan NH_3 (kanan). Contoh lainnya dapat kamu lihat pada reaksi kesetimbangan berikut.



Reaksi akan bergeser ke arah produk jika konsentrasi reaktan dinaikkan atau konsentrasi produk diturunkan. Reaksi akan bergeser ke arah reaktan jika konsentrasi produk dinaikkan atau konsentrasi reaktan diturunkan.

2. Suhu Sistem

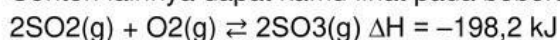
Pengaruh suhu pada pergeseran kesetimbangan adalah sebagai berikut.

- ☐ Jika suhu dinaikkan, maka kesetimbangan akan bergeser ke arah reaksi endoterm ($\Delta H = +$)
- ☐ Jika suhu diturunkan, maka kesetimbangan akan bergeser ke arah reaksi eksoterm ($\Delta H = -$)

Sebagai contoh, perhatikan reaksi berikut. $A + B \rightleftharpoons C + D$ $\Delta H = -25 \text{ kJ}$

Berdasarkan persamaan reaksinya, reaksi tersebut adalah reaksi reversible yang berlangsung dalam dua arah. Oleh karena ΔH bernilai negatif, maka reaksi maju (ke arah produk) merupakan reaksi eksoterm dan reaksi balik (ke arah reaktan) merupakan reaksi endoterm. Jika suhu dinaikkan, maka reaksi akan bergeser ke arah reaksi endoterm (kiri). Sementara itu, jika suhu diturunkan, maka reaksi akan bergeser ke arah reaksi eksoterm (kanan).

Contoh lainnya dapat kamu lihat pada beberapa reaksi berikut.



Berdasarkan persamaan reaksinya, reaksi pembentukan produk berlangsung secara eksotermis. Jika suhu diturunkan, maka kesetimbangan akan bergeser ke arah reaksi eksoterm, yaitu pembentukan produk. Dengan demikian, agar produk meningkat, suhu sistem harus diturunkan.

Perhatikan reaksi berikut. $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(\text{g}) \quad \Delta H = +58,0 \text{ kJ}$

N_2O_4 adalah gas tidak berwarna, sedangkan NO_2 adalah gas berwarna cokelat. Berdasarkan persamaan reaksinya, reaksi penguraian N_2O_4 menjadi NO_2 berlangsung secara endotermis. Jika suhu diturunkan, maka reaksi akan bergeser ke arah reaksi eksoterm, yaitu pembentukan N_2O_4 . Akibatnya, terjadi perubahan warna cokelat menjadi tidak berwarna. Sementara itu, jika suhu dinaikkan, maka reaksi akan bergeser ke arah reaksi endoterm, yaitu pembentukan NO_2 . Akibatnya, warna cokelat yang terbentuk semakin banyak.

3. Volume dan Tekanan

Volume dan tekanan menggeser kesetimbangan dengan mekanisme yang sama tetapi berkebalikan. Hal ini terjadi karena hubungan keduanya berbanding terbalik pada hukum gas ideal ($PV = nRT$). Pergeseran kesetimbangan yang dipengaruhi oleh volume dan tekanan adalah sebagai berikut.

- Jika volume diperbesar/tekanan diperkecil, maka kesetimbangan akan bergeser ke arah jumlah koefisien reaksi yang lebih besar.
- Jika volume diperkecil/tekanan diperbesar, maka kesetimbangan akan bergeser ke arah jumlah koefisien reaksi yang lebih kecil.
- Jika jumlah koefisien reaksi sebelah kiri (reaktan) sama dengan jumlah koefisien reaksi sebelah kanan (produk), maka perubahan volume dan tekanan tidak menggeser kesetimbangan.

Sebagai contoh, perhatikan reaksi pembentukan amonia berikut. $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g})$

Pada reaksi tersebut, jumlah koefisien reaksi sebelah kiri (reaktan) adalah $1 + 3 = 4$, sedangkan jumlah koefisien reaksi sebelah kanan (produk) adalah 2. Apabila volume diperkecil atau tekanan diperbesar, maka kesetimbangan akan bergeser ke arah pembentukan NH_3 (kanan) yang jumlah koefisien reaksinya lebih kecil. Apabila volume diperbesar atau tekanan diperkecil, maka kesetimbangan akan bergeser ke arah kiri yang jumlah koefisien reaksinya lebih besar.

Contoh lainnya dapat kamu lihat pada beberapa reaksi berikut. $2\text{SO}_3(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$
 Pada reaksi tersebut, jumlah koefisien reaksi sebelah kiri (reaktan) adalah 2, sedangkan jumlah koefisien reaksi sebelah kanan (produk) adalah $2 + 1 = 3$. Apabila volume diperkecil atau tekanan diperbesar, maka kesetimbangan akan bergeser ke arah reaksi balik yang jumlah koefisiennya lebih kecil. Pada reaksi ini terjadi pembentukan reaktan. Apabila volume diperbesar atau tekanan diperkecil, maka kesetimbangan akan bergeser ke arah reaksi maju yang jumlah koefisien reaksinya lebih besar.

Pada reaksi ini terjadi pembentukan produk. Perhatikan reaksi berikut. $\text{H}_2(\text{g}) + \text{F}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HF}(\text{g})$. Pada

reaksi tersebut, jumlah koefisien reaksi sebelah kiri (reaktan) sama dengan jumlah koefisien reaksi sebelah kanan (produk), yaitu 2. Dengan demikian, perubahan tekanan dan volume tidak menggeser kesetimbangan.

4. Penambahan Katalis

Katalis adalah senyawa yang dapat mempercepat laju reaksi dengan cara menurunkan energi aktivasi. Pada reaksi reversible, katalis dapat mempercepat tercapainya kesetimbangan. Namun, tidak memengaruhi pergeseran kesetimbangan atau jumlah produk yang dihasilkan.

Dari keempat faktor yang mempengaruhi kesetimbangan, hanya perubahan suhu yang dapat mengubah nilai konstanta kesetimbangan. Perubahan konsentrasi, volume, dan tekanan sistem hanya menggeser kesetimbangan tanpa mengubah nilai konstantanya. Jika perubahan suhu menyebabkan kesetimbangan bergeser ke arah reaksi maju, maka nilai konstanta kesetimbangan (K) meningkat. Namun, jika perubahan suhu menyebabkan kesetimbangan bergeser ke arah reaksi balik, maka nilai konstanta kesetimbangan (K) menurun.

Dalam suatu sistem kesetimbangan, suatu katalis menaikkan kecepatan reaksi maju dan reaksi balik dengan sama kuatnya. Suatu katalis tidak mengubah kuantitas relatif yang ada dalam kesetimbangan, nilai tetapan kesetimbangan tidaklah berubah. Katalis memang mampu mengubah waktu yang diperlukan untuk mencapai kesetimbangan, reaksi yang berlangsung dengan laju yang sesuai hanya pada temperatur yang sangat tinggi dapat berjalan dengan cepat pada temperatur yang lebih rendah bila digunakan katalis.

Contoh : $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g}) \Delta H = -92\text{ kJ}$

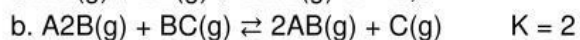
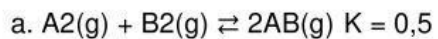
Dari reaksi diatas merupakan reaksi pembuatan amonia. Pada suhu 100°C , reaksi akan mencapai keadaan kesetimbangan dalam waktu bertahun – tahun. Apabila kedalam reaksi diberi katalis, maka kesetimbangan akan dapat tercapai hanya dalam waktu 5 menit.

B. Perhitungan Nilai Konstanta Kesetimbangan (K) pada Gabungan Dua Reaksi atau Lebih

Pada suatu reaksi yang terdiri atas dua tahap reaksi atau lebih dengan nilai konstanta kesetimbangan masing-masing, penggabungan reaksi-reaksi tersebut akan menghasilkan konstanta kesetimbangan K yang baru. Nilai K hasil penggabungan reaksi-reaksi tersebut adalah hasil perkalian nilai K masing-masing reaksi ($K_1 \times K_2 \times K_3 \times \dots$). Jika modifikasi reaksi dilakukan dalam proses penggabungan reaksi, maka berlaku aturan berikut.

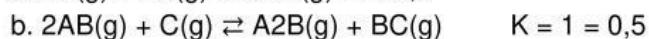
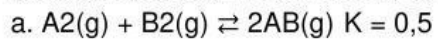
- Jika koefisien reaksi dikalikan n , maka nilai K menjadi K^n
- Jika koefisien reaksi dibagi dengan n , maka nilai K menjadi $K^{1/n}$
- Jika reaksi dibalik, maka nilai K menjadi $1/K$

Perhatikan reaksi berikut.



Berapakah nilai K untuk reaksi $A_2(g) + B_2(g) + C(g) \rightleftharpoons A_2B(g) + BC(g)$?

Pembahasan: Untuk membentuk $A_2(g) + B_2(g) + C(g) \rightleftharpoons A_2B(g) + BC(g)$? reaksi pertama tidak berubah dan reaksi kedua dibalik.



Hasil penggabungan dua reaksi tersebut adalah sebagai berikut. $A_2(g) + B_2(g) + C(g) \rightleftharpoons A_2B(g) + BC(g)$ $K = 0,5 \times 0,5 = 0,25$

Jadi, nilai K untuk reaksi $A_2(g) + B_2(g) + C(g) \rightleftharpoons A_2B(g) + BC(g)$ adalah 0,25.