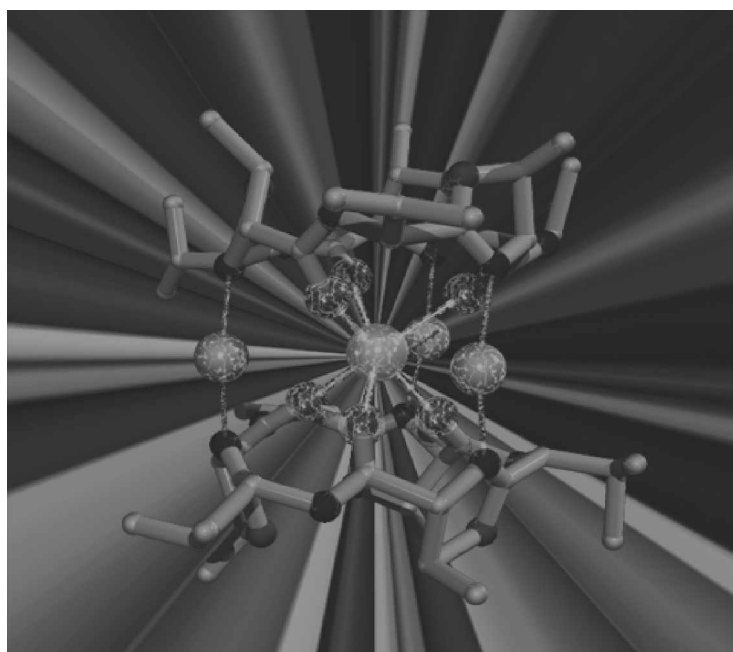




KESETIMBANGAN KIMIA



KIM/ ANL - II

**BAGIAN PROYEK PENGEMBANGAN KURIKULUM
DIREKTORAT PENDIDIKAN MENENGAH KEJURUAN
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN DASAR DAN MENENGAH
DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
JAKARTA
2004**

KATA PENGANTAR

Pendidikan Menengah Kejuruan sebagai penyedia tenaga kerja terampil tingkat menengah dituntut harus mampu membekali tamatan dengan kualifikasi keahlian standar serta memiliki sikap dan perilaku yang sesuai dengan tuntutan dunia kerja. Sejalan dengan itu maka dilakukan berbagai perubahan mendasar di dalam penyelenggaraan pendidikan kejuruan. Salah satu perubahan tersebut adalah penerapan Sistem Pendidikan dan Pelatihan Berbasis Kompetensi.

Dalam rangka mengimplementasikan kebijakan tersebut, maka dirancang kurikulum yang didasarkan pada jenis pekerjaan dan uraian pekerjaan yang dilakukan oleh seorang analis dan teknisi kimia di dunia kerja. Berdasarkan hal itu disusun kompetensi yang harus dikuasai dan selanjutnya dijabarkan ke dalam deskripsi program pembelajaran dan materi ajar yang diperlukan yang disusun ke dalam paket-paket pembelajaran berupa modul.

Modul-modul yang disusun untuk tingkat II di SMK program keahlian Kimia Analisis dan Kimia Industri berjumlah empat belas modul yang semuanya merupakan paket materi ajar yang harus dikuasai peserta didik untuk memperoleh sertifikat sebagai **Pengelola Laboratorium**. Judul-judul modul dapat dilihat pada peta bahan ajar yang dilampirkan pada setiap modul.

BANDUNG, DESEMBER 2003

TIM KONSULTAN KIMIA

FPTK UPI

DAFTAR ISI MODUL

halaman

HALAMAN DEPAN (COVER1)	
HALAMAN DALAM (COVER 2)	
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
PETA KEDUDUKAN MODUL	iv
PERISTILAHAN/GLOSARIUM.....	1
I. PENDAHULUAN	
A. Deskripsi	3
B. Prasyarat	3
C. Petunjuk Penggunaan Modul	3
D. Tujuan Akhir	4
E. Kompetensi	4
F. Cek Kemampuan	4
II. PEMBELAJARAN	
A. Rencana Belajar Siswa	5
B. Kegiatan Belajar	
1. Kegiatan Belajar 1	
a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran 1.....	5
b. Uraian Materi 1	5
c. Rangkuman 1	9
d. Tugas 1	10
e. Tes Formatif 1	10
f. Kunci Jawaban Formatif 1	10
g. Lembar Kerja 1	
2. Kegiatan Belajar 2	
a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran 2	11
b. Uraian Materi 2	11
c. Rangkuman 2	12
d. Tugas 2	12
e. Tes Formatif 2	12
f. Kunci Jawaban Formatif 2	12
3. Kegiatan Belajar 3	
a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran 3	13
b. Uraian Materi 3	13
c. Rangkuman 3	14
d. Tugas 3	15
e. Tes Formatif 3	15
f. Kunci Jawaban Formatif 3	15
g. Lembar Kerja 3	16

4. Kegiatan Belajar 4	
a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran 4	18
b. Uraian Materi 4	18
c. Rangkuman 4	21
d. Tugas 4	21
e. Tes Formatif 4	21
f. Kunci Jawaban Formatif 4	21
5. Kegiatan Belajar 5	
a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran 5	22
b. Uraian Materi 5	22
c. Rangkuman 5.....	24
d. Tugas 5	24
e. Tes Formatif 5	24
f. Kunci Jawaban Formatif 5	25
III EVALUASI	26
Kunci Jawaban.....	27
IV PENUTUP	32
DAFTAR PUSTAKA	33

GLOSSARY

Azas Le Chatelier :

Jika suatu sistem kesetimbangan menerima suatu aksi, maka sistem tersebut akan mengadakan reaksi sehingga pengaruh aksi menjadi sekecil-kecilnya

Hukum Kesetimbangan :

Pada reaksi kesetimbangan, hasil kali konsentrasi hasil reaksi yang dipangkatkan koefisiennya dibagi dengan hasil kali konsentrasi yang dipangkatkan koefisiennya akan tetap, pada suhu tetap

Keadaan setimbang :

Keadaan dalam suatu reaksi dapat balik yang terjadi dalam satu sistem, dimana kecepatan reaksi ke kanan sama dengan kecepatan reaksi ke kiri

Kesetimbangan dinamis :

Keadaan setimbang yang berlangsung terus menerus, dimana setiap komponen mengalami perubahan secara mikroskopis meskipun secara makroskopis tidak tampak terjadi perubahan

Kesetimbangan heterogen :

Sistem kesetimbangan yang komponennya terdiri atas zat-zat dengan wujud yang berbeda

Kesetimbangan homogen :

Sistem kesetimbangan dimana komponen-komponennya mempunyai wujud yang sama.

Pergeseran kesetimbangan :

Perubahan dari keadaan kesetimbangan semula ke keadaan kesetimbangan yang baru akibat adanya aksi atau pengaruh dari luar

Reaksi dapat balik :

Reaksi dimana zat hasil reaksi dapat berubah lagi menjadi zat-zat semula

Reaksi endoterm :

Reaksi yang membutuhkan kalor

Reaksi eksoterm :

Reaksi yang membebaskan kalor

Reaksi reversibel :

Lihat reaksi dapat balik

Reaksi satu arah :

Reaksi yang hanya berlangsung apabila masih tersedia zat pereaksi

Proses Haber :

Proses pembuatan amonia yang ditemukan oleh Fritz Haber pada tahun 1905.

Proses Kontak :

Proses pembuatan asam sulfat secara industri

Proses Ostwald :

Proses pembuatan asam nitrat yang ditemukan oleh Wilhem Ostwald.

Tetapan kesetimbangan berdasarkan konsentrasi :

Hasil kali konsentrasi zat-zat pereaksi, setelah dipangkatkan koefisiennya pada reaksi yang bersangkutan.

Tetapan kesetimbangan berdasarkan tekanan :

Hasil kali tekanan parsial gas-gas hasil reaksi dibagi hasil kali tekanan parsial gas-gas pereaksi, setelah masing-masing dipangkatkan dengan koefisiennya dalam persamaan reaksi yang bersangkutan.

I. PENDAHULUAN

A. Deskripsi

Modul kesetimbangan kimia ini berisi tentang konsep keadaan setimbang, kesetimbangan homogen dan heterogen, pergeseran kesetimbangan, reaksi kesetimbangan dalam industri dan tetapan kesetimbangan. Modul ini sangat terkait dengan pokok bahasan kinetika kimia. Pokok bahasan tersebut menjadi dasar suatu reaksi dikatakan mencapai kesetimbangan. Dengan mempelajari pokok bahasan kesetimbangan, siswa dapat memahami keadaan dan pergeseran kesetimbangan serta mampu meramalkan pergeseran kesetimbangan dengan melakukan percobaan.

B. Prasyarat

Kemampuan awal yang disarankan untuk dikuasai terlebih dahulu sebelum mempelajari kesetimbangan adalah kinetika kimia. Siswa sebaiknya juga telah mempelajari modul stoikiometri dan bisa menuliskan persamaan reaksi dengan benar. Selain itu diperlukan kemampuan menggunakan alat-alat gelas yang ada dilaboratorium sehingga tidak menemui kesulitan ketika praktikum.

A. Petunjuk Penggunaan Modul

Sebelum melakukan proses belajar mengajar hendaknya siswa memahami betul tujuan kegiatan pembelajaran yang akan dicapai. Setelah itu pelajari dengan seksama uraian materi dan rangkuman dari tiap pokok bahasan sampai betul-betul memahami. Kerjakan tugas yang diberikan dan soal-soal tes formatif untuk menguji pemahaman. Bila menjumpai kesulitan, diskusikan dengan teman dan/atau guru pada saat kegiatan belajar mengajar.

Pada saat kegiatan belajar mengajar, guru hendaknya menekankan konsep-konsep yang penting dari setiap pokok bahasan. Berbagai visualisasi gambar yang ada dalam modul, sebaiknya ditunjukkan dalam bentuk yang nyata sehingga siswa dapat melihat secara langsung. Walaupun modul ini dilengkapi dengan kegiatan di laboratorium tetapi model pengajarannya dilakukan secara integral antara ceramah oleh guru dan kegiatan praktikum. Akhir proses belajar mengajar siswa harus menempuh evaluasi.

Beberapa perlengkapan yang disiapkan oleh guru antara lain alat dan bahan praktikum dan berbagai media pembelajaran yang diperlukan. Sedangkan yang perlu disiapkan oleh siswa adalah alat tulis dan buku catatan serta lembar kerja praktikum.

D. Tujuan Akhir

Setelah mengikuti seluruh kegiatan belajar kesetimbangan diharapkan siswa mampu menyarankan perubahan-perubahan yang harus dilakukan untuk meningkatkan suatu produk reaksi kesetimbangan berdasarkan konsep pergeseran kesetimbangan.

E. Kompetensi

Kompetensi	: Menganalisis bahan secara kuantitatif
Sub Kompetensi	: Melakukan analisis reaksi kesetimbangan secara kuantitatif
Kriteria Untuk Kerja	: Analisis produk suatu reaksi kesetimbangan berdasarkan pengaruh perubahan konsentrasi, suhu, tekanan atau volume terhadap pergeseran kesetimbangan yang terjadi
Lingkup Belajar	: Pergeseran kesetimbangan
Pengetahuan	: Peningkatan produk berdasarkan pergeseran kesetimbangan
Ketrampilan	: Menyiapkan bahan untuk analisis kuantitatif Melakukan percobaan pengaruh perubahan konsentrasi terhadap produk Melakukan percobaan pengaruh perubahan suhu terhadap produk
Sikap	: Dapat meramalkan peningkatan produk dengan teliti dan cermat.

A. Cek Kemampuan

1. Sebutkan perbedaan antara reaksi satu arah dan reaksi dapat balik
2. Mengapa reaksi dapat balik disebut kesetimbangan dinamis
3. Jelaskan tiga kemungkinan yang terjadi terhadap konsentrasi pereaksi dan produk selama proses menuju keadaan setimbang
4. Apakah bedanya kesetimbangan homogen dan heterogen?
5. Jelaskan faktor-faktor yang mempengaruhi pergeseran kesetimbangan
6. Sebutkan contoh-contoh penggunaan konsep kesetimbangan dalam industri
7. Bagaimana cara menentukan tetapan kesetimbangan berdasarkan konsentrasi dan berdasarkan tekanan

II. PEMBELAJARAN

A. Rencana Belajar Siswa

Kompetensi : Menganalisis bahan secara kuantitatif

Sub Kompetensi : Menganalisis reaksi kesetimbangan secara kuantitatif

Jenis Kegiatan	Tanggal	Waktu	Tempat Belajar	Alasan Perubahan	Tanda Tangan Guru
Menjelaskan konsep keadaan setimbang		6	Kelas		
Menjelaskan kesetimbangan homogen dan heterogen		2	Kelas		
Melakukan percobaan faktor-faktor yang dapat menggeser kesetimbangan		20	Laboratorium		
Mempelajari penggunaan reaksi kesetimbangan dalam industri		4	Kelas		
Menentukan tetapan kesetimbangan suatu reaksi		8	Kelas		

B. Kegiatan Belajar

a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran 1

Setelah pembelajaran anda diharapkan dapat:

- 1) mengetahui reaksi dapat balik atau reversible
- 2) menyebutkan ciri-ciri keadaan kesetimbangan dinamis
- 3) menjelaskan tiga kemungkinan yang terjadi dalam proses menuju kesetimbangan dilihat dari perubahan konsentrasi pereaksi dan zat hasil reaksi.

b. Uraian Materi 1

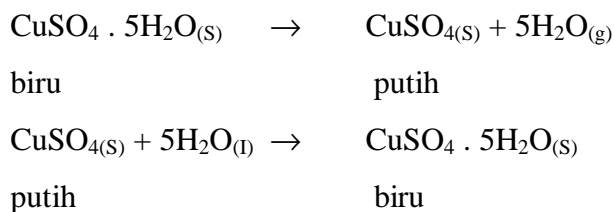
Konsep Keadaan Setimbang

Reaksi-reaksi yang dilakukan di laboratorium pada umumnya berlangsung satu arah.

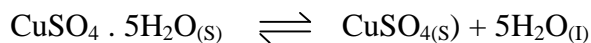


Dalam reaksi diatas setelah salah satu pereaksi habis bereaksi maka reaksi akan berhenti. Atau dengan kata lain NaCl dan H₂O yang dihasilkan tidak bisa saling bereaksi menghasilkan HCl dan NaOH. Reaksi-reaksi semacam ini yang selama ini sudah dipelajari. Tetapi ada juga reaksi yang dapat berlangsung dua arah atau dapat balik. Pada reaksi ini hasil reaksi dapat berubah lagi menjadi zat-zat semula. Reaksi semacam ini disebut juga reaksi dapat balik atau reaksi reversibel. Salah satu contoh adalah jika kita panaskan kristal tembaga (II) sulfat hidrat yang berwarna biru akan berubah menjadi putih, yaitu tembaga (II) sulfat karena airnya menguap. Dan jika pada tembaga (II) sulfat ditetaskan air, maka akan berubah lagi menjadi kristal biru, yaitu tembaga (II) sulfat hidrat.

Reaksinya sebagai berikut :



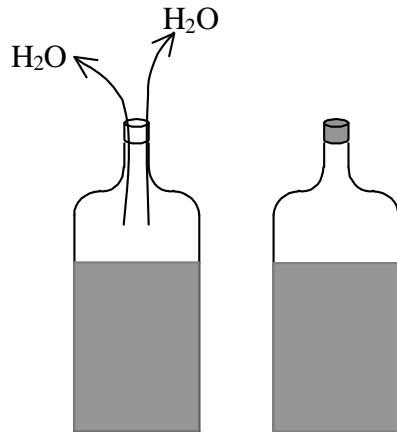
Reaksi tersebut termasuk reaksi yang dapat balik, maka dapat ditulis dengan tanda panah yang berlawanan,



Apabila dalam suatu reaksi dapat balik yang terjadi dalam satu sistem, kecepatan reaksi ke kanan sama dengan kecepatan reaksi ke kiri, maka reaksi dikatakan dalam keadaan setimbang atau sistem kesetimbangan. Sistem kesetimbangan semacam ini banyak terjadi pada reaksi-reaksi dalam wujud gas

Pada kenyataannya ketika $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ kita biarkan dalam udara bebas dan warnanya menjadi pudar, seakan-akan reaksi berhenti, padahal sesungguhnya terus terjadi reaksi bolak-balik. Kondisi inilah yang disebut reaksi telah mencapai kesetimbangan. Karena pada hakekatnya reaksi tidak berhenti tetapi terus berjalan tetapi tidak dapat dilihat dengan mata kepala kita, maka dikatakan sebagai kesetimbangan dinamis. Contoh sistem yang mengalami keadaan

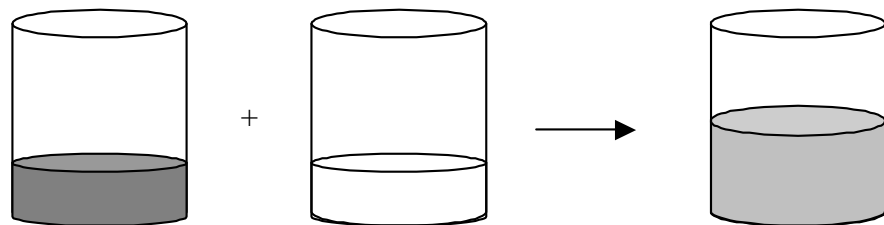
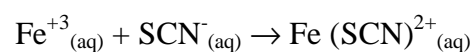
setimbang dinamis adalah peristiwa penguapan air pada suatu botol yang tertutup. Perhatikan gambar berikut ini.



- Pada botol terbuka air akan menguap dan lama kelamaan akan berkurang.
- Pada botol tertutup air jumlahnya tetap. Apakah pada botol tertutup air tidak menguap ?

Pada botol tertutup, air tetap menguap tetapi mengembun lagi menjadi air. Kecepatan air menguap sama dengan kecepatan mengembun lagi sehingga jumlah air kelihatannya tetap. Perubahan air menjadi uap dan sebaliknya tidak tampak, padahal kenyataannya selalu berubah. Peristiwa ini termasuk contoh kesetimbangan dinamis, karena proses penguapan dan pengembunan berlangsung terus menerus pada waktu yang sama.

Salah satu contoh reaksi dalam keadaan setimbang dinamis yang mudah diamati adalah reaksi antara larutan besi (III) klorida dengan larutan kalium sianida yang menghasilkan ion besi (III) sianida.



larutan 10 mmol
FeCl₃ 0,001 M
Coklat

+

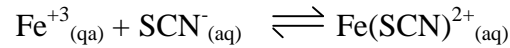
larutan 10 mmol
KSCN 0,001 M
Tak berwarna

→

Fe(SCN)²⁺
merah

Apabila reaksi tersebut tidak dapat balik, maka kedua pereaksi akan habis karena jumlah molnya sama. Tetapi karena reaksi tersebut dapat balik, maka

apabila pada hasil reaksi atau $\text{Fe}(\text{SCN})^{+2}$ ditambahkan satu tetes KSCN 1 M, ternyata warna merah bertambah. Hal ini disebabkan ion SCN^- yang ditambahkan bereaksi lagi dengan ion Fe^{+3} yang berasal dari ion $\text{Fe}(\text{SCN})^{+2}$ sebelum ditambahkan yang terurai lagi. Reaksinya dapat ditulis sebagai berikut :



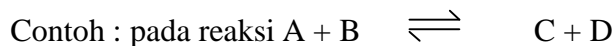
Pada reaksi ini pembentukan $\text{Fe}(\text{SCN})^{2+}$ dan penguraiannya menjadi ion Fe^{+3} dan SCN^- tidak dapat diamati, karena berlangsung pada tingkat partikel. Reaksi ini berada pada keadaan setimbang dinamis, yaitu reaksi berlangsung terus menerus dengan arah yang berlawanan dan kecepatan yang sama.

Ciri-ciri keadaan setimbang dinamis :

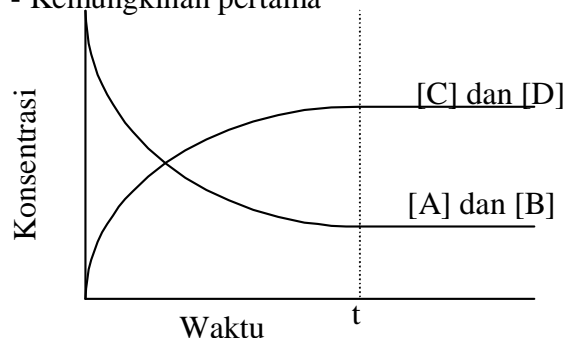
- Reaksi berlangsung terus-menerus dengan arah yang berlawanan
- Terjadi pada ruangan tertutup, suhu, dan tekanan tetap.
- Laju reaksi ke arah hasil reaksi dan ke arah pereaksi sama.
- Tidak terjadi perubahan makroskopis, yaitu perubahan yang dapat diukur atau dilihat, tetapi perubahan mikroskopis (perubahan tingkat partikel) tetap berlangsung.
- Setiap komponen tetap ada.

Pada saat setimbang, ada beberapa kemungkinan yang terjadi dilihat dari konsentrasi pereaksi atau hasil reaksi pada saat itu

Hal lain yang menarik untuk dikaji adalah proses menuju kesetimbangan. Dilihat dari konsentrasi pereaksi dan hasil reaksi ada beberapa kemungkinan yang terjadi.



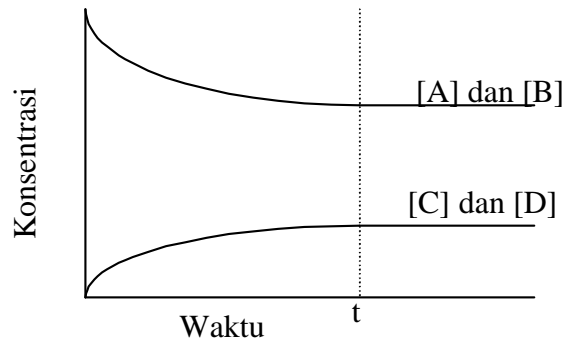
- Kemungkinan pertama



- Mula-mula konsentrasi A dan B harganya maksimal, kemudian berkurang sampai tidak ada perubahan.
- Konsentrasi C dan D dari nol bertambah terus sampai tidak ada perubahan.

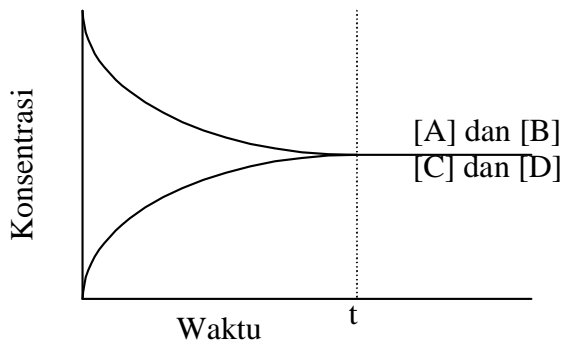
- Pada saat setimbang konsentrasi C dan D lebih besar daripada A dan B

- Kemungkinan kedua



- Mula-mula konsentrasi A dan B harganya maksimal, kemudian berkurang sampai tidak ada perubahan.
- Konsentrasi C dan D dari nol bertambah terus sampai tidak ada perubahan.
- Pada saat setimbang konsentrasi A dan B lebih besar daripada C dan D.

- Kemungkinan ketiga



- Mula-mula konsentrasi A dan B harganya maksimal, kemudian berkurang sampai tidak ada perubahan.
- Konsentrasi C dan D dari nol bertambah terus sampai tidak ada perubahan.
- Pada saat setimbang konsentrasi A dan B sama besar dengan C dan D.

c. Rangkuman 1

Reaksi kimia ada yang bersifat searah dan ada yang bersifat dapat balik

Dalam reaksi dapat balik, apabila kinetika reaksi kekanan sama dengan kinetika reaksi kekiri maka akan tercapai keadaan kesetimbangan dinamis

Ada tiga kemungkinan yang terjadi dilihat dari konsentrasi pereaksi dan zat hasil reaksi dalam proses menuju kesetimbangan, yaitu konsentrasi pereaksi lebih besar, lebih kecil atau sama dengan konsentrasi zat hasil reaksi

d. Tugas 1

Siswa mencari contoh-contoh reaksi kesetimbangan yang terjadi dalam kehidupan sehari-hari.

e. Tes Formatif 1

1. Jelaskan apa yang disebut dengan reaksi kesetimbangan! Bedakan dengan reaksi searah.
2. Jelaskan kenapa kesetimbangan kimia disebut kesetimbangan dinamis.
3. Berikan beberapa contoh dan jelaskan proses kesetimbangan yang terjadi dalam kehidupan sehari-hari!

f. Kunci Jawaban Formatif 1

1. Reaksi kesetimbangan adalah reaksi dimana zat hasil dapat bereaksi kembali membentuk pereaksi yang berlangsung dengan laju yang sama.
Dalam reaksi searah, zat hasil tidak dapat bereaksi kembali menghasilkan pereaksi.
2. Karena dalam kesetimbangan kimia reaksi akan terjadi terus-menerus, walaupun secara makro tidak terlihat atau reaksi seperti berhenti.
3. Harga pH darah dalam jaringan tubuh (7,4) diatur oleh reaksi kesetimbangan antara asam karbonat dalam darah dengan ion hidrogen karbonat dan ion hidrogen
Reaksi kesetimbangan antara oksigen yang terikat dengan hemoglobin dengan hemoglobin dan oksigen dalam paru-paru.

4. Kegiatan Belajar 4

a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran 2

Siswa dapat membedakan antara kesetimbangan homogen dan kesetimbangan heterogen.

b. Uraian Materi 2

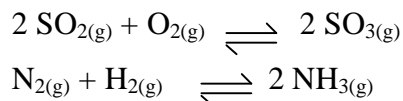
Kesetimbangan homogen dan kesetimbangan heterogen

Reaksi-reaksi biasanya terjadi pada berbagai macam wujud zat. Berdasarkan wujud zat yang terlibat dalam reaksi, reaksi kesetimbangan dikelompokkan menjadi kesetimbangan homogen dan kesetimbangan heterogen.

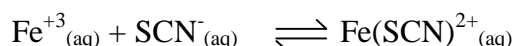
Kesetimbangan homogen

Kesetimbangan homogen adalah sistem kesetimbangan yang komponennya mempunyai wujud yang sama.

Contoh : Kesetimbangan dalam sistem gas



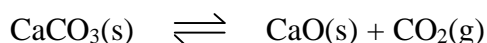
Kesetimbangan dalam sistem ion



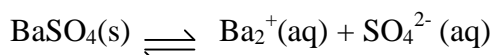
Kesetimbangan Heterogen

Kesetimbangan heterogen adalah sistem kesetimbangan yang komponennya terdiri atas zat-zat dengan wujud yang berbeda.

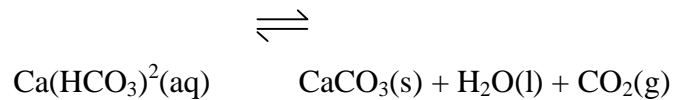
Contoh : Kesetimbangan dalam sistem padat gas



Kesetimbangan sistem padat larutan



Kesetimbangan dalam sistem larutan padat gas



c. Rangkuman 2

Berdasarkan wujud zat yang terlibat dalam reaksi, reaksi kesetimbangan dikelompokkan menjadi kesetimbangan homogen dan kesetimbangan heterogen.

d. Tugas 2

Siswa menyebutkan contoh-contoh reaksi kesetimbangan homogen dan heterogen

e. Tes Formatif 2

1. Jelaskan perbedaan kesetimbangan homogen dan kesetimbangan heterogen!
2. Berikan contoh kesetimbangan homogen dan heterogen!

f. Kunci Jawaban Formatif 2

1. Untuk kesetimbangan homogen, komponen-komponen yang terlibat dalam reaksi hanya terdiri dari satu wujud zat, sedangkan kesetimbangan heterogen lebih dari satu wujud zat.

- 2. Contoh kesetimbangan homogen $2 \text{SO}_{2(\text{g})} + \text{O}_{2(\text{g})} \rightleftharpoons 2 \text{SO}_{3(\text{g})}$
contoh kesetimbangan heterogen



3. Kegiatan Belajar 3

a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran 3

Siswa dapat memperkirakan cara-cara penentuan kinetika reaksi berdasarkan perubahan yang terjadi selama reaksi berlangsung melalui suatu percobaan.

b. Uraian Materi 3

Pergeseran Kesetimbangan

Pergeseran kesetimbangan adalah perubahan dari keadaan kesetimbangan semula ke keadaan kesetimbangan yang baru akibat adanya aksi atau pengaruh dari luar. Henry Louis Le Chatelier, ahli kimia Prancis (1852-1911) mengemukakan suatu pernyataan mengenai perubahan yang terjadi pada sistem kesetimbangan jika ada pengaruh dari luar. Pernyataan ini dikenal sebagai Azas Le Chatelier, yang berbunyi “Jika suatu sistem kesetimbangan menerima suatu aksi, maka sistem tersebut akan mengadakan reaksi sehingga pengaruh aksi menjadi sekecil-kecilnya.”

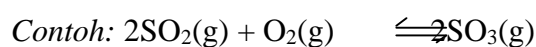
Bagi reaksi: $A + B \rightleftharpoons C + D$, kemungkinan terjadinya pergeseran adalah :

- Dari kiri ke kanan, berarti A bereaksi dengan B membentuk C dan D, sehingga jumlah mol A dan B berkurang, sedangkan C dan D bertambah.
- Dari kanan ke kiri, berarti C dan D bereaksi membentuk A dan B. sehingga jumlah mol C dan D berkurang, sedangkan A dan B bertambah

Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi sistem kesetimbangan adalah :

Perubahan konsentrasi

Apabila dalam sistem kesetimbangan homogen, konsentrasi salah satu zat diperbesar, maka kesetimbangan akan bergeser ke arah yang berlawanan dari zat tersebut. Sebaliknya, jika konsentrasi salah satu zat diperkecil, maka kesetimbangan akan bergeser ke pihak zat tersebut.

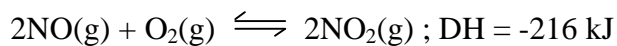


Bila pada sistem kesetimbangan ini ditambahkan gas SO₂, maka kesetimbangan akan bergeser ke kanan. Bila pada sistem kesetimbangan ini dikurangi gas O₂, maka kesetimbangan akan bergeser ke kiri

- *Perubahan suhu*

Menurut Van't Hoff, bila pada sistem kesetimbangan suhu dinaikkan, maka kesetimbangan reaksi akan bergeser ke arah yang *membutuhkan kalor* (ke arah reaksi endoterm). Bila pada sistem kesetimbangan suhu diturunkan, maka kesetimbangan reaksi akan bergeser ke arah yang *membebaskan kalor* (ke arah reaksi eksoterm).

Contoh:



Jika suhu dinaikkan, maka kesetimbangan akan bergeser ke kiri. Jika suhu diturunkan, maka kesetimbangan akan bergeser ke kanan.

- *Perubahan tekanan atau volume*

Jika dalam suatu sistem kesetimbangan dilakukan aksi yang menyebabkan perubahan volume (bersamaan dengan perubahan tekanan), maka dalam sistem akan mengadakan berupa pergeseran kesetimbangan. Jika tekanan diperbesar = volume diperkecil, kesetimbangan akan bergeser ke arah jumlah ***Koefisien Reaksi Kecil***. Jika tekanan diperkecil = volume diperbesar, kesetimbangan akan bergeser ke arah jumlah ***Koefisien reaksi besar***. Pada sistem kesetimbangan dimana jumlah koefisien reaksi sebelah kiri = jumlah koefisien sebelah kanan, maka perubahan tekanan/volume ***tidak menggeser*** letak kesetimbangan.

c. Rangkuman 3

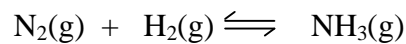
Pergeseran kesetimbangan akan terjadi apabila dipengaruhi oleh perubahan konsentrasi, perubahan suhu, dan perubahan tekanan atau volume sebagaimana Azas Le Chatelier.

d. Tugas 3

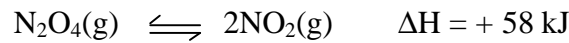
Diskusikan kemungkinan-kemungkinan terjadinya pergeseran kesetimbangan dari data-data reaksi kimia yang diberikan oleh guru

e. Tes Formatif 3

1. Bagaimanakah pengaruh penambahan $\text{H}_2(\text{g})$ ke dalam campuran kesetimbangan bervolume tetap dari $\text{N}_2(\text{g})$, $\text{H}_2(\text{g})$, dan $\text{NH}_3(\text{g})$.

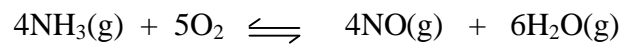


2. Ditentukan reaksi kesetimbangan



Kearah mana kesetimbangan akan bergeser jika suhu dinaikkan?

3. Ditentukan reaksi kesetimbangan



Kearah mana kesetimbangan bergeser jika tekanan diperbesar?

f. Kunci Jawaban Formatif 3

1. Peningkatan konsentrasi $\text{H}_2(\text{g})$ mengakibatkan kesetimbangan bergeser kekanan. Tetapi hanya sebagian dari $\text{H}_2(\text{g})$ yang ditambahkan terpakai dalam reaksi ini. Pada waktu kesetimbangan tercapai kembali, $\text{H}_2(\text{g})$ yang ada tetap lebih banyak dibandingkan semula. Jumlah $\text{NH}_3(\text{g})$ juga lebih banyak, tetapi jumlah $\text{N}_2(\text{g})$ lebih sedikit karena terpakai bersama-sama dengan $\text{H}_2(\text{g})$ untuk bereaksi kekanan.
2. Kenaikan suhu menyebabkan kesetimbangan bergeser ke arah reaksi endoterm. Pada reaksi kesetimbangan tersebut reaksi bergeser kekanan.
3. Kesetimbangan akan bergeser ke kiri karena jumlah koefisien di ruas kiri (=9) lebih kecil dibandingkan jumlah koefisien di ruas kanan (=10)

g. Lembar Kerja 3

Pengaruh perubahan konsentrasi pada reaksi kesetimbangan

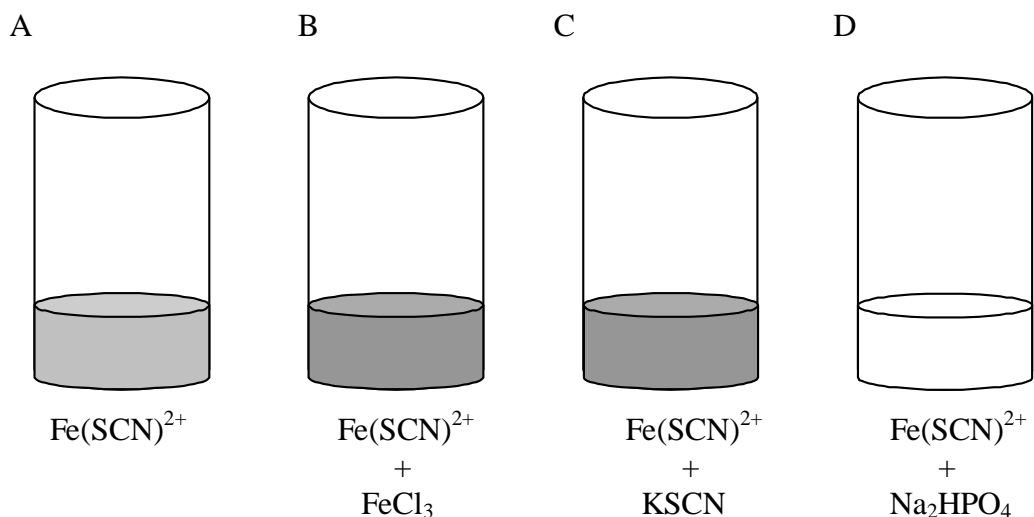
Alat dan Bahan

1. Larutan FeCl_3 0,001 M
2. Larutan KSCN 0,001 M
3. Larutan $\text{Fe}(\text{SCN})^{2+}$
4. Kristal Na_2HPO_4
5. Gelas kimia 100 mL 4 buah

Langkah Kerja

1. Sediakan 4 buah gelas kimia 100 mL yang bersih, dan beri label dengan huruf A, B, C, dan D
2. Isi seluruh gelas dengan larutan $\text{Fe}(\text{SCN})^{2+}$, masing-masing sebanyak 20 mL
3. Tambahkan tetes demi tetes gelas kimia B dengan larutan FeCl_3 0,001 M. 4. Bandingkan warna larutan dengan gelas kimia A.
5. Tambahkan tetes demi tetes gelas kimia C dengan larutan KSCN 0,001 M. 6. Bandingkan warna larutan dengan gelas kimia A.
6. Tambahkan sedikit demi sedikit gelas kimia D dengan kristal Na_2HPO_4 . Bandingkan warna larutan dengan gelas kimia A.
7. Jelaskan kenapa terjadi perubahan warna dalam gelas-gelas kimia diatas

Gambar Kerja



Percobaan Pengaruh Perubahan Suhu pada Reaksi Kestimbangan

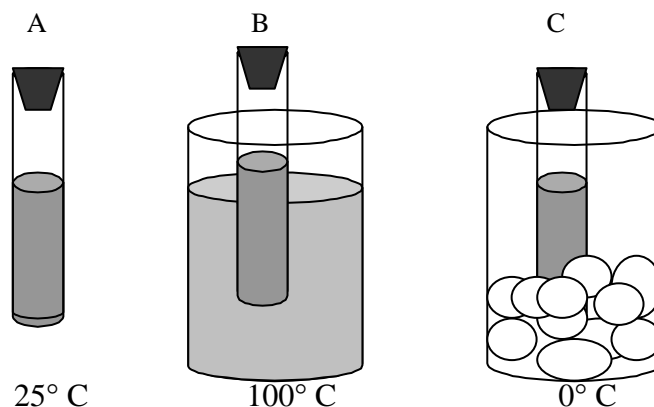
Alat dan Bahan

1. Tabung reaksi tertutup rapat yang berisi gas NO_2 sebanyak tiga buah
2. Es
3. Gelas kimia 100 mL
4. Pembakar spiritus
5. Kaki tiga dan asbes
6. Termometer

Langkah Kerja

1. Beri label tabung reaksi dengan huruf A, B, dan C
2. Isi gelas kimia dengan air lalu dididihkan dengan pembakar spiritus sampai mendidih
3. Masukkan tabung reaksi B yang berisi gas NO_2 kedalam gelas kimia yang berisi air mendidih. Perhatikan warna gas yang ada dalam tabung reaksi dan bandingkan dengan warna tabung reaksi A.
4. Isi gelas kimia yang lain dengan es, kemudian masukkan tabung reaksi C kedalam gelaskimia tersebut. Perhatikan warna gas yang ada dalam tabung reaksi dan bandingkan dengan warna tabung reaksi A.
5. Jelaskan kenapa warna gas dalam tabung reaksi menjadi berbeda-beda.

Gambar Kerja



4. Kegiatan Belajar 4

a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran 4

Siswa dapat menjelaskan penggunaan prinsip-prinsip pergeseran kesetimbangan dalam industri

b. Uraian Materi 4

Kesetimbangan Dalam Industri

Di kalangan industri, konsep kesetimbangan reaksi banyak dipergunakan. Melalui prinsip-prinsip pergeseran kesetimbangan, industri dapat mengatur tekanan, suhu dan pereaksi, sehingga dihasilkan produk yang banyak tetapi tidak banyak memakan biaya. Misalnya industri pembuatan amonia dan pembuatan asam sulfat.

- Pembuatan amonia

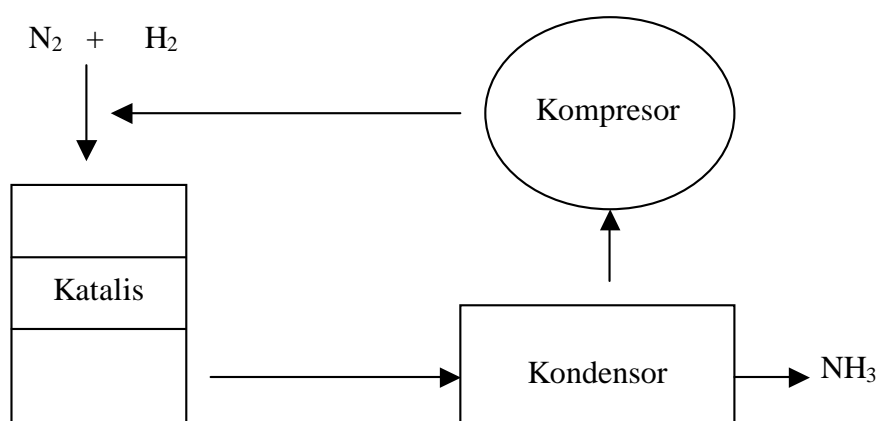
Amonia (NH₃) merupakan senyawa nitrogen yang banyak digunakan sebagai bahan dasar pembuatan pupuk (urea dan ZA), serat sintetik (nilon dan sejenisnya) dan bahan peledak TNT (Trinitro toluena). Pembuatan amonia ditemukan oleh Fritz Haber pada tahun 1905. Sesuai dengan penemunya, prosesnya disebut Proses Haber. Reaksi yang terjadi adalah kesetimbangan antara gas N₂, H₂, dan NH₃.



Untuk proses ini, gas N₂ diperoleh dari hasil penyulingan udara, sedangkan gas H₂ diperoleh dari hasil reaksi antara gas alam dengan air. Pada suhu kamar, reaksi ini berlangsung sangat lambat, maka untuk memperoleh hasil yang maksimal reaksi dilakukan pada suhu tinggi, tekanan tinggi, dan diberi katalis besi. Reaksi pembentukan amonia bersifat eksoterm. Menurut Le Chatelier kesetimbangan ini akan bergeser ke kanan jika suhu rendah. Yang menjadi masalah adalah katalis besi hanya berfungsi efektif pada suhu tinggi. Akibatnya pembentukan amonia berlangsung lama pada suhu rendah. Berdasarkan pertimbangan ini prosesnya dilakukan pada suhu tinggi ± 450°C (suhu optimum) agar reaksi berlangsung cepat sekalipun dengan risiko kesetimbangan akan bergeser ke kiri. Untuk mengimbangi pergeseran ke kiri oleh suhu tinggi maka

tekanan yang digunakan harus tinggi sampai mencapai antara 200-400 atm. Tekanan yang tinggi menyebabkan molekul-molekul semakin rapat sehingga tumbukan molekul-molekul semakin sering. Hal ini mengakibatkan reaksi bertambah cepat.

Keadaan reaksi yang dapat menghasilkan gas NH₃ sebanyak-banyaknya disebut keadaan optimum. Dengan kondisi yang dianggap optimum ternyata gas NH₃ yang dapat dipisahkan baru



Reaksi Sintetik Pembuatan Amonia

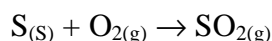
dapat mencapai ± 15%. Campuran gas kemudian didinginkan sehingga gas NH₃ mencair. Titik didih gas NH₃ lebih tinggi dari titik didih gas N₂ dan H₂, maka gas NH₃ akan terpisah sebagai cairan. Gas Nitrogen dan gas Hidrogen yang belum bereaksi dan gas NH₃ yang tidak mencair diresirkulasi, dicampur dengan gas N₂ dan H₂ yang baru kemudian dialirkan kembali ke dalam tangki.

- Pembuatan Asam Sulfat

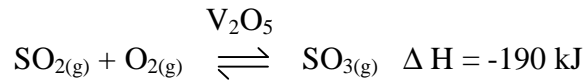
Asam sulfat banyak sekali digunakan untuk keperluan industri, seperti pada industri tekstil, plastik, cat, bahan peledak, akumulator, pembuatan zat warna, obat-obatan, proses elektrolisis pada pemurnian logam, dan lain-lain.

Salah satu cara pembuatan asam sulfat secara industri yang produknya cukup besar adalah dengan cara proses kontak. Bahan yang digunakan pada proses ini adalah belerang dan prosesnya berlangsung sebagai berikut.

- Belerang dibakar di udara sehingga akan bereaksi dengan oksigen dan menghasilkan gas belerang dioksida.

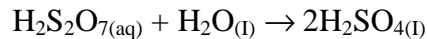
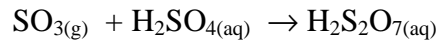


- Belerang dioksida direaksikan lagi dengan oksigen dan dihasilkan belerang trioksida



Pada reaksi ini suhu yang digunakan harus optimum, karena harga ΔH -nya negaif. Sesuai azas Le Chatelier seharusnya suhu diturunkan serendah mungkin agar reaksi bergeser kearah zat hasil. Namun pada suhu rendah reaksinya berlangsung lambat. Suhu optimum tercapai pada 400°C, dan didapatkan SO₃ sekitar 98 %.

- SO₃ yang dihasilkan dipisahkan, direaksikan dengan H₂SO₄ pekat sehingga terjadi asam pirosulfat. Asam pirosulfat akan direaksikan dengan air sampai menghasilkan asam sulfat.



- *Pembuatan asam nitrat*

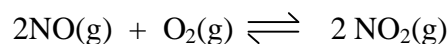
Asam nitrat digunakan dalam pembuatan garam-garam nitrat terutama NH₄NO₃, bahan peledak nitrogliserin, serta bermacam-macam bahan organik.

Asam nitrat dibuat pertama kali oleh Wilhem Ostwald. Cara tersebut masih digunakan sampai sekarang. Sesuai penemunya proses pembuatan asam nitrat disebut proses Ostwald atau proses kontak. Tahap penting dalam pembuatan asam nitrat adalah konversi NH₃(g) menjadi NO(g) melalui kontak singkat selama 0,01 detik antara NH₃(g) dengan O₂(g) berlebih dengan katalis Pt atau Rh pada suhu sekitar 1000 °C.

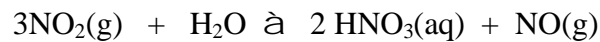


Agar reaksi bergeser kekanan, maka tekanan harus rendah dan suhu juga seharusnya rendah. Askan tetapi pada suhu rendah reaksi berlangsung lambat, sehingga digunakan suhu optimum 900°C.

NO(g) kemudian didinginkan pada suhu kamar, dimana pengubahannya menjadi NO₂(g) mudah terjadi. Sesuai azas Le Chatelier karena kesetimbangan kekanan bersifat eksoterm, maka dengan diturunkannya suhu kesetimbangan akan bergeser kekanan.



$\text{NO}_2(\text{g})$ dilarutkan dalam air, dan $\text{NO}(\text{g})$ di daur ulang.



c. Rangkuman 4

Prinsip-prinsip pergeseran kesetimbangan banyak digunakan dalam industri, seperti industri pembuatan amonia, asam sulfat, dan asam nitrat.

d. Tugas 4

Siswa mencari contoh-contoh penggunaan prinsip-prinsip kesetimbangan dalam industri selain yang disebutkan diatas.

e. Tes Formatif 4

1. Sebutkan kegunaan amonia, asam nitrat dan asam sulfat dalam kehidupan sehari-hari!
2. Jelaskan pembuatan amonia dengan proses Haber!
3. Jelaskan pembuatan asam sulfat dengan proses kontak dan tuliskan reaksi-reaksi yang terjadi !

f. Kunci Jawaban Formatif 4

1. Amonia (NH_3) banyak digunakan sebagai bahan dasar pembuatan pupuk (urea dan ZA), serat sintetik (nilon dan sejenisnya) dan bahan peledak TNT (Trinitro toluena).

Asam sulfat banyak sekali digunakan untuk keperluan industri, seperti pada industri tekstil, plastik, cat, bahan peledak, akumulator, pembuatan zat warna, obat-obatan, proses elektrolisis pada pemurnian logam, dan lain-lain.

Asam nitrat digunakan dalam pembuatan garam-garam nitrat terutama NH_4NO_3 , bahan peledak nitrogliserin, serta bermacam-macam bahan organik.

2. Jawaban ada di uraian materi

5. Kegiatan Belajar 5

e. Tujuan Kegiatan Pembelajaran 5

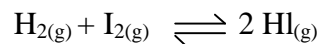
Siswa dapat menjelaskan faktor-faktor yang mempengaruhi kinetika reaksi setelah melakukan percobaan.

f. Uraian Materi 5

Tetapan Kesetimbangan

Dalam keadaan setimbang suatu reaksi terdapat hubungan yang erat antara konsentrasi zat pereaksi dan hasil reaksi. Hubungan ini dapat dilihat dari data hasil percobaan berikut ini.

Percobaan reaksi kesetimbangan antara gas hidrogen, gas iodium dan gas hidrogen iodida pada suhu 445°C dalam ruangan sebesar 0,8 liter.



Hasilnya dapat dilihat dalam tabel dibawah ini.

Percobaan	Keadaan mula-mula			Keadaan setimbang		
	H ₂	I ₂	HI	H ₂	I ₂	HI
1	1,5 · 10 ⁻³	1,5 · 10 ⁻³	-	3,3 · 10 ⁻⁴	3,3 · 10 ⁻⁴	2,34 · 10 ⁻³
2	-	-	1,5 · 10 ⁻³	1,65 · 10 ⁻⁴	1,65 · 10 ⁻⁴	1,17 · 10 ⁻³
3	1,5 · 10 ⁻³	1,5 · 10 ⁻³	1,5 · 10 ⁻³	4,96 · 10 ⁻⁴	4,96 · 10 ⁻⁴	3,51 · 10 ⁻³

Apabila data percobaan di atas dihitung, konsentrasi H₂, konsentrasi I₂, dan konsentrasi HI pada keadaan setimbang, maka dapat dicari beberapa hubungan seperti tabel dibawah ini.

Konsentrasi pada kesetimbangan			[HI]	2 [HI]	[H ₂] ²
[H ₂]	[I ₂]	[HI]	[H ₂] (I ₂)	[H ₂] (I ₂)	[H ₂] (I ₂)
4,12 · 10 ⁻⁴	4,12 · 10 ⁻⁴	2,92 · 10 ⁻³	1,72 · 10 ⁻⁴	3,44 · 10 ⁻⁴	50,2
2,06 · 10 ⁻⁴	2,06 · 10 ⁻⁴	1,46 · 10 ⁻³	3,44 · 10 ⁻⁴	6,88 · 10 ⁻⁴	50,2
6,2 · 10 ⁻⁴	6,2 · 10 ⁻⁴	4,39 · 10 ⁻³	1,14 · 10 ⁻⁴	2,28 · 10 ⁻⁴	50,1

Dari tabel tersebut, terdapat satu harga yang seluruh perbandingannya konstan yaitu perbandingan

$$\frac{[\text{HI}]^2}{[\text{H}_2][\text{I}_2]} = 50,2$$

Harga perbandingan atau hasil pembagian ini dinyatakan sebagai tetapan kesetimbangan atau konstanta kesetimbangan dengan simbol K. Tetapan ini tahun 1866 ditemukan oleh Cato Mximilian Gulber, dikenal sebagai Hukum Aksi Massa. Pada saat itu istilah konsentrasi belum ada, untuk menyatakannya digunakan istilah massa aktif.

Menurut Gulberg dan Wage, harga tetapan kesetimbangan akan tetap selama suhu tetap. Hal ini dirumuskan dalam Hukum Kesetimbangan yang berbunyi “Pada reaksi kesetimbangan, hasil kali konsentrasi hasil reaksi yang dipangkatkan koefisiennya dibagi dengan hasil kali konsentrasi yang dipangkatkan koefisiennya akan tetap, pada suhu tetap.”

- Tetapan kesetimbangan berdasarkan konsentrasi

Tetapan kesetimbangan ini dinyatakan dengan notasi K_c , yaitu hasil kali konsentrasi zat-zat pereaksi, setelah dipangkatkan koefisiennya pada reaksi yang bersangkutan.

Contoh untuk reaksi kesetimbangan $m \text{A(g)} + n \text{B(g)} \rightleftharpoons p \text{C(g)} + q \text{D(g)}$

$$K = \frac{[\text{C}]^p [\text{D}]^q}{[\text{A}]^m [\text{B}]^n}$$

- Tetapan kesetimbangan berdasarkan tekanan

Tetapan kesetimbangan berdasarkan tekanan dinyatakan dengan notasi K_p , yaitu hasil kali tekanan parsial gas-gas hasil reaksi dibagi hasil kali tekanan parsial gas-gas pereaksi, setelah masing-masing dipangkatkan dengan koefisiennya dalam persamaan reaksi yang bersangkutan.

Contoh untuk reaksi kesetimbangan

$m \text{A(g)} + n \text{B(g)} \rightleftharpoons p \text{C(g)} + q \text{D(g)}$

$$K = \frac{P_C^p P_D^q}{P_A^m P_B^n}$$

Apabila zat-zat yang bereaksi berwujud gas dan dianggap sebagai gas ideal maka hubungan K_P dan K_C dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$K_P = K_C (RT)^{\Delta n}$$

Dimana Δn = jumlah mol zat hasil reaksi dikurangi jumlah mol pereaksi.

$$R = \text{tetapan} = 0,082 \text{ L atm mol}^{-1}\text{K}^{-1}$$

$$T = \text{suhu dalam K}$$

- Tetapan kesetimbangan untuk reaksi heterogen

Untuk reaksi kesetimbangan yang melibatkan zat-zat yang berbeda wujudnya, untuk menyatakan tetapan kesetimbangan, yang dimasukkan hanya yang berwujud larutan (aq) dan gas (g), karena konsentrasi zat padat (s) dan cairan (l) relatif tidak berubah.

Contoh untuk reaksi



$$K_C = [\text{CO}]_2$$

c. Rangkuman 5

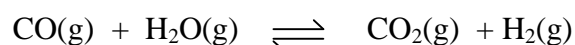
Tetapan kesetimbangan merupakan hasil kali konsentrasi atau tekanan parsial hasil reaksi yang dipangkatkan koefisiennya dibagi dengan hasil kali konsentrasi atau tekanan parsial pereaksi yang dipangkatkan koefisiennya.

d. Tugas 5

Cobalah anda hitung angka-angka yang ada dalam tabel di uraian materi.!

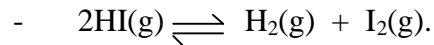
e. Tes Formatif 5

-1. Ke dalam bejana yang volumenya 1 liter dimasukkan 1 mol gas CO dan 1 mol uap H₂O. setelah sistem mencapai kesetimbangan menurut persamaan reaksi



Ternyata terdapat 0,25 mol gas CO₂. Tentukan harga tetapan kesetimbangan K_C .

- Pada suhu 500 K kedalam bejana yang volumenya 5 liter dimasukkan 0,6 mol gas HI sehingga terjadi reaksi kesetimbangan



Bila setelah sistem mencapai keadaan kesetimbangan masih terdapat 0,3 mol HI, tentukan harga tetapan kesetimbangan K_P pada suhu 500 K ($R = 0,082$).

g. Kunci Jawaban Formatif 5

1. $[\text{CO}_2]$ yang terbentuk = 0,25 M

$[\text{H}_2]$ yang terbentuk = 0,25 M

$[\text{CO}]$ yang bereaksi = 0,25 M

$[\text{CO}]$ sisa = $(1 - 0,25)$ M = 0,75 M

$[\text{H}_2\text{O}]$ sisa = $(1 - 0,25)$ M = 0,75 M

$$K_C = \frac{[\text{CO}_2][\text{H}_2]}{[\text{CO}][\text{H}_2\text{O}]} = \frac{0,25 \cdot 0,25}{0,75 \cdot 0,75} = \frac{1}{9}$$

2. HI yang terurai = $(0,6 - 0,3)$ mol = 0,3 mol

HI sisa = 0,3 mol

H_2 yang terbentuk = $0,5 \times 0,3$ mol = 0,15 mol

I_2 yang terbentuk = $0,5 \times 0,3$ mol = 0,15 mol

$PV = nRT$

$P = nRT/V$

$P_{\text{HI}} = (0,3 \times 0,082 \times 500) / 5 = 2,46$ atm

$P_{\text{H}_2} = (0,15 \times 0,082 \times 500) / 5 = 1,23$ atm

$P_{\text{I}_2} = (0,15 \times 0,082 \times 500) / 5 = 1,23$ atm

$$K_P = \frac{P_{\text{H}_2} P_{\text{I}_2}}{(P_{\text{HI}})^2} = \frac{1,23 \cdot 1,23}{(2,46)^2} = 0,25$$

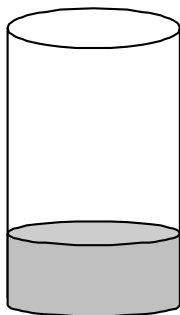
III. EVALUASI

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut untuk mengetahui penguasaan anda terhadap materi dalam mopedul ini!

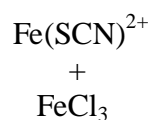
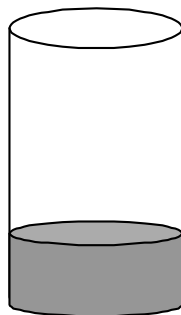
Soal:

1. Apakah syarat reaksi dikatakan berada dalam keadaan setimbang
2. Sebutkan ciri-ciri suatu kesetimbangan dikatakan dinamis
3. Sebutkan azas yang berlaku dalam pergeseran kesetimbangan
4. Suatu reaksi kesetimbangan $A(g) + B(g) + C(g)$, mempunyai harga $K_P = 0,328$ pada suhu 127°C . Harga K_C sama dengan
5. Gas A dan gas B masing-masing 3 mol dicampurkan berdasarkan reaksi :
 $A(g) + 2B(g) \rightleftharpoons 2C(g)$
Gas C yang terbentuk adalah 2 mol. Jika tekanan total 2 atm, maka harga K_P adalah
6. Tetapan kesetimbangan untuk reaksi : $CO(g) + H_2O(g) \rightleftharpoons CO_2 + H_2$, adalah 4. Suatu campuran yang terdiri atas 2 mol CO dan 2 mol H_2O direaksikan dalam volume V, sehingga tercapai kesetimbangan pada suhu itu. Berapa mol uap air terdapat dalam kesetimbangan.
7. Penggunaan suhu tinggi pada pembuatan amoniak menurut proses Haber-Bosch adalah berdasarkan pertimbangan ...
8. Bagaimana cara merubah harga K_C
9. Pada reaksi kesetimbangan $2NO(g) + O_2(g) \rightleftharpoons N_2O_4(g) \Delta H = -x \text{ kJ}$
Jumlah $N_2O_4(g)$ dapat ditingkatkan dengan cara
10. Percobaan untuk mengetahui pengaruh perubahan konsentrasi pada pergeseran kesetimbangan, sebagaimana sketsa gambar dibawah ini :

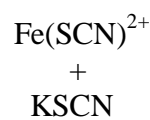
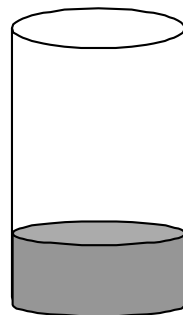
A



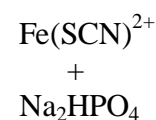
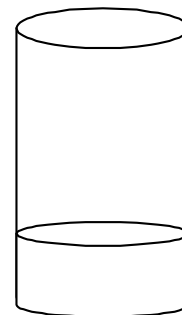
B



C



D



Apabila didapatkan data warna larutan B dan C lebih merah daripada larutan A, data warna larutan D kurang merah dibandingkan larutan A. Apa yang dapat disimpulkan

Kunci Jawaban

Bagian A

1. Syarat reaksi berada dalam keadaan setimbang adalah kinetika reaksi kekanan sama dengan kinetika reaksi ke kiri.

nilai 5

kriteria penilaian : jawaban dibenarkan apabila mempunyai pengertian yang sama dengan kunci jawaban.

2. Reaksi dapat balik yang telah mencapai kesetimbangan disebut sebagai kesetimbangan dinamis karena setelah kesetimbangan tercapai, secara mikroskopis (tingkat partikel) terjadi reaksi terus-menerus dari pereaksi menghasilkan produk dan sebaliknya.

nilai 5

kriteria penilaian : jawaban dibenarkan apabila mempunyai pengertian yang sama dengan kunci jawaban.

3. Azas Le Chatelier, yang berbunyi “Jika suatu sistem kesetimbangan menerima suatu aksi, maka sistem tersebut akan mengadakan reaksi sehingga pengaruh aksi menjadi sekecil-kecilnya.”

nilai 5

kriteria penilaian : jawaban dibenarkan walaupun tidak sampai menuliskan bunyinya

4. Harga K_C hanya dapat berubah apabila suhu reaksinya dirubah

nilai 5

kriteria penilaian : jawaban dibenarkan apabila mempunyai pengertian yang sama dengan kunci jawaban.

5. Untuk kesetimbangan homogen, komponen-komponen yang terlibat dalam reaksi hanya terdiri dari satu wujud zat, sedangkan kesetimbangan heterogen lebih dari satu wujud zat. nilai 5

kriteria penilaian : jawaban dibenarkan apabila mempunyai pengertian yang sama dengan kunci jawaban.

Bagian B

$$1. [\text{PCl}_3] = \frac{0,015 \text{ mol}}{5 \text{ liter}} = 0,003 \text{ M}$$

$$[\text{PCl}_5] = \frac{0,010 \text{ mol}}{5 \text{ liter}} = 0,002 \text{ M}$$

$$[\text{Cl}_2] = \frac{0,080 \text{ mol}}{5 \text{ liter}} = 0,16 \text{ M}$$

$$K_C = \frac{[\text{PCl}_5]}{[\text{PCl}_3] [\text{Cl}_2]} = \frac{0,002}{0,003 \times 0,16} = 4,2$$

kriteria penilaian : hanya benar dalam menghitung konsentrasi nilainya 3

benar menghitung konsentrasi dan menulis rumus nilainya 7

benar seluruhnya nilainya 10

2. C yang terbentuk = 2 mol

$$\text{A yang terurai} \quad 0,5 \times 2 \text{ mol} = 1 \text{ mol}$$

$$\text{B yang terurai} \quad 1 \times 2 \text{ mol} = 2 \text{ mol}$$

$$\text{A sisa} \quad = (3 - 1) \text{ mol} = 2 \text{ mol}$$

$$\text{B sisa} \quad = (3 - 2) \text{ mol} = 1 \text{ mol}$$

P total 2 atm

$$P_A = (2/5) \times 2 \text{ atm} = 0,8 \text{ atm}$$

$$P_B = (1/5) \times 2 \text{ atm} = 0,4 \text{ atm}$$

$$P_C = (2/5) \times 2 \text{ atm} = 0,8 \text{ atm}$$

$$K_P = \frac{(P_C)^2}{(P_A) (P_B)^2} = \frac{(0,8)^2}{(0,8) (0,4)^2} = 0,5$$

kriteria penilaian : hanya benar dalam menghitung jumlah mol nilainya 3

benar menghitung jumlah mol dan tekanan nilainya 7

benar seluruhnya nilainya 10

$$3. K_P = K_C (RT)^{\Delta n}$$

$$\Delta n = 2 - 1 = 1$$

$$T = (127 + 273) = 400$$

$$K_C = (K_P / (RT)^{\Delta n})$$

$$= (0,328 / (0,082 \times 400)) = 0,01$$

kriteria penilaian : hanya benar dalam menuliskan rumus mol nilainya 5

benar menuliskan rumus dan menghitung Δn dan T nilainya 7

benar seluruhnya nilainya 10

4. - menambahkan O_2

- menambahkan SO_2

- mengurangi SO_2

- memperkecil volume

- menurunkan suhu

- memperbesar tekanan

kriteria penilaian : setiap poin nilainya 5

dapat menyebutkan minimal 5 poin nilainya 10

5. - Untuk memperoleh hasil yang maksimal harus dilakukan pergeseran kesetimbangan ke arah kanan. Hal ini dilakukan dengan cara melangsungkan reaksi pada tekanan tinggi dan suhu tinggi agar katalis besi dapat bekerja.

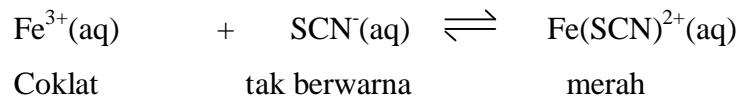
- Tetapi reaksi pembentukan amonia bersifat eksoterm, sehingga menurut Le Chatelier kesetimbangan akan bergeser ke kiri jika suhu tinggi. Berdasarkan pertimbangan ini prosesnya dilakukan pada suhu tinggi agar reaksi berlangsung cepat sekalipun dengan risiko kesetimbangan akan bergeser ke kiri. Untuk mengimbangi pergeseran ke kiri oleh suhu tinggi maka tekanan yang digunakan harus tinggi. Tekanan yang tinggi menyebabkan molekul-molekul semakin rapat sehingga tumbukan molekul-molekul semakin sering. Hal ini mengakibatkan reaksi bertambah cepat.

kriteria penilaian : hanya benar dalam poin 1 nilainya 5

benar seluruhnya nilainya 10

Bagian C

Dalam percobaan tersebut terjadi sistem kesetimbangan



Tabung B lebih merah daripada tabung A, berarti ada penambahan $\text{Fe}(\text{SCN})^{2+}$. Hal ini disebabkan adanya penambahan ion Fe^{3+} dari FeCl_3 pada sistem kesetimbangan sehingga terjadi pergeseran kesetimbangan kearah kanan ($\text{Fe}(\text{SCN})^{2+}$).

Tabung C lebih merah daripada tabung A, berarti ada penambahan $\text{Fe}(\text{SCN})^{2+}$. Hal ini disebabkan adanya penambahan ion SCN^{-} dari KSCN pada sistem kesetimbangan sehingga terjadi pergeseran kesetimbangan kearah kanan ($\text{Fe}(\text{SCN})^{2+}$).

Tabung D kurang merah daripada tabung A, berarti ada pengurangan $\text{Fe}(\text{SCN})^{2+}$. Hal ini disebabkan adanya pengikatan ion $\text{Fe}(\text{SCN})^{2+}$ oleh Na_2HPO_4 , sehingga terjadi pergeseran kearah kiri.

Kriteria penilaian : satu poin yang benar nilainya 10

Dua poin yang benar nilainya 20

Seluruh poin benar nilainya 25

Pedoman Umum Penilaian

1. Evaluasi Hasil Belajar = Aspek Kognitif + Aspek Psikomotor + Aspek Sikap
2. Bobot Kognitif : Psikomotor : Sikap = 30% : 50% : 20%
3. Evaluasi kognitif diambil dari tes formatif 1 s.d. 5 ditambah evaluasi akhir
4. Evaluasi psikomotor diambil dari Tugas 3 dengan menggunakan format sbb.

Berikan tanda (V) sesuai prestasi kerja siswa

No.	Kegiatan	Kualitas Kerja		
		Baik (nilai3)	Sedang (nilai 2)	Kurang (nilai 1)
1	Pengaruh konsentrasi pada kesetimbangan			
2	Pengaruh suhu pada kesetimbangan			
Jumlah tanda (V)				
Juml V x bobot				
Jumlah Nilai Sikap Kerja				
Nilai pada skala 10				

5. Evaluasi sikap diambil dari Tugas 3 dengan menggunakan format sbb. Berikan tanda (V) sesuai sikap kerja siswa

No.	Kegiatan	Sikap Kerja		
		kesungguhan, kecermatan dan kehati-hatian		
		Baik (nilai3)	Sedang (nilai 2)	Kurang (nilai 1)
1	Pengaruh konsentrasi pada kesetimbangan			
2	Pengaruh suhu pada kesetimbangan			
Jumlah tanda (V)				
Juml V x bobot				
Jumlah Nilai Prestasi Kerja				
Nilai pada skala 10				

6. Dalam aspek kognitif modul ini harus dikuasai $\geq 80\%$, dalam aspek psikomotor dan sikap 90%.
7. Semua nilai kognitif, psikomotor dan afektif dikonveri ke skala 0-10
8. Nilai Prestasi Belajar (NPB) yaitu :

$$\text{NPB} = 0,3 (\text{Rata-rata nilai kognitif}) + 0,5 (\text{Rata-rata nilai psikomotor}) + 0,2 (\text{Rata-rata nilai sikap})$$

IV. PENUTUP

Demikianlah modul ini dibuat untuk membantu siswa menyelesaikan salah satu sub kompetensi dari kompetensi menganalisa bahan secara kuantitatif. Siswa dapat melanjutkan ke modul berikutnya setelah mengikuti proses belajar mengajar minimal aspek kognitif 80%, aspek psikomotor dan sikap 90%.

DAFTAR PUSTAKA

Brady, James E., Holum, John R., 1994, **General of Chemistry, 5^d Edition**, New York : John Wiley & Son.

Bodner, George M., Pardue Harry L., 1995, **Chemistry an Experimental Science**, New York : John Wiley & Son second edition

Holtzclaw, Henry F. and Robinson, Holtzclaw. (1988). **College Chemistry with Qualitative Analysis**. Toronto : D.C. Health and Company, eighth edition.

Malone, Leo J, 1994, **Basic Concepts of Chemistry, 4th Edition**, New York : John Wiley & Son.

Yayan Sunarya, 2000, **Kimia Dasar 2**, Bandung : Alkemi Grafisindo Press,