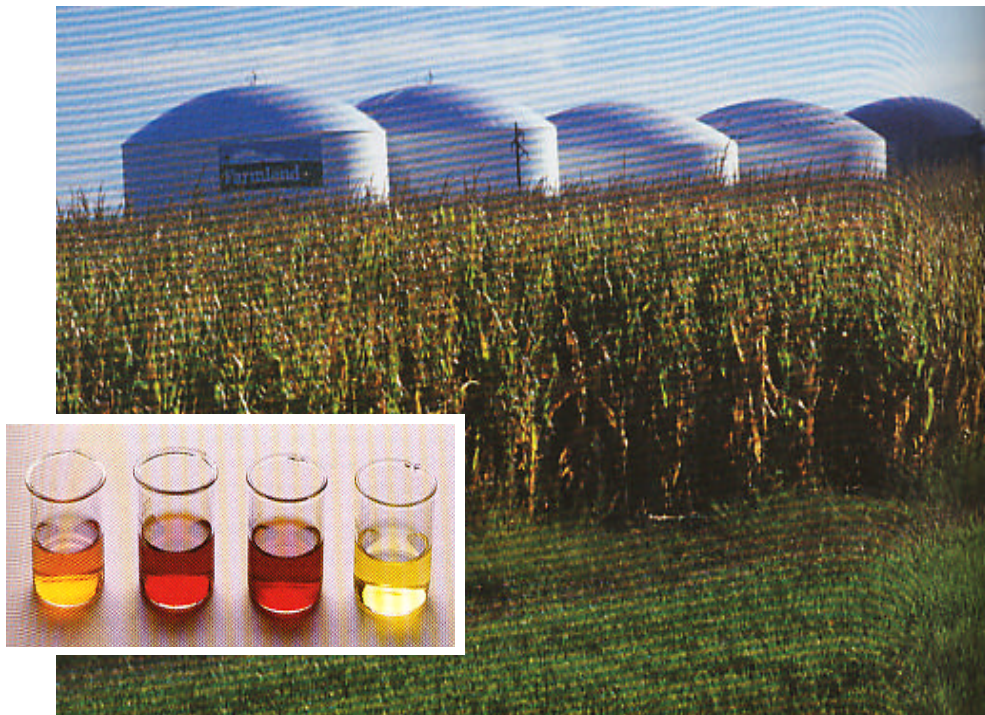


Kode KIM.11

Keseimbangan Kimia



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

2004

Kode KIM.11

Keseimbangan Kimia

Penyusun:

Drs. Harun Nasrudin, MS.

Editor

Drs. Sukarmin, MPd.

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

Kata Pengantar

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas karunia dan hidayah-Nya, kami dapat menyusun bahan ajar modul manual untuk SMK Bidang Adaptif, yakni mata pelajaran Fisika, Kimia dan Matematika. Modul yang disusun ini menggunakan pendekatan pembelajaran berdasarkan kompetensi, sebagai konsekuensi logis dari Kurikulum SMK Edisi 2004 yang menggunakan pendekatan kompetensi (*CBT: Competency Based Training*).

Sumber dan bahan ajar pokok Kurikulum SMK Edisi 2004 adalah modul, baik modul manual maupun interaktif dengan mengacu pada Standar Kompetensi Nasional (SKN) atau standarisasi pada dunia kerja dan industri. Dengan modul ini, diharapkan digunakan sebagai sumber belajar pokok oleh peserta diklat untuk mencapai kompetensi kerja standar yang diharapkan dunia kerja dan industri.

Modul ini disusun melalui beberapa tahapan proses, yakni mulai dari penyiapan materi modul, penyusunan naskah secara tertulis, kemudian disetting dengan bantuan alat-alat komputer, serta divalidasi dan diujicobakan empirik secara terbatas. Validasi dilakukan dengan teknik telaah ahli (*expert-judgment*), sementara ujicoba empirik dilakukan pada beberapa peserta diklat SMK. Harapannya, modul yang telah disusun ini merupakan bahan dan sumber belajar yang berbobot untuk membekali peserta diklat kompetensi kerja yang diharapkan. Namun demikian, karena dinamika perubahan sains dan teknologi di industri begitu cepat terjadi, maka modul ini masih akan selalu dimintakan masukan untuk bahan perbaikan atau direvisi agar supaya selalu relevan dengan kondisi lapangan.

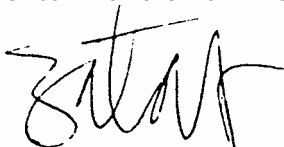
Pekerjaan berat ini dapat terselesaikan, tentu dengan banyaknya dukungan dan bantuan dari berbagai pihak yang perlu diberikan penghargaan dan ucapan terima kasih. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini tidak berlebihan bilamana disampaikan rasa terima kasih dan penghargaan yang

sebesar-besarnya kepada berbagai pihak, terutama tim penyusun modul (penulis, editor, tenaga komputerisasi modul, tenaga ahli desain grafis) atas dedikasi, pengorbanan waktu, tenaga, dan pikiran untuk menyelesaikan penyusunan modul ini.

Kami mengharapkan saran dan kritik dari para pakar di bidang psikologi, praktisi dunia usaha dan industri, dan pakar akademik sebagai bahan untuk melakukan peningkatan kualitas modul. Diharapkan para pemakai berpegang pada azas keterlaksanaan, kesesuaian dan fleksibilitas, dengan mengacu pada perkembangan IPTEK pada dunia usaha dan industri dan potensi SMK dan dukungan dunia usaha industri dalam rangka membekali kompetensi yang terstandar pada peserta diklat.

Demikian, semoga modul ini dapat bermanfaat bagi kita semua, khususnya peserta diklat SMK Bidang Adaptif untuk mata pelajaran Matematika, Fisika, Kimia, atau praktisi yang sedang mengembangkan modul pembelajaran untuk SMK.

Jakarta, Desember 2004
a. n. Direktur Jenderal Pendidikan
Dasar dan Menengah
Direktur Pendidikan Menengah Kejuruan,



Dr. Ir. Gatot Hari Priowirjanto, M. Sc.
NIP 130 675 814

Kata Pengantar

Modul Kimia untuk siswa SMK ini disusun dengan mengacu kepada kurikulum SMK Edisi 2004. Modul merupakan salah satu media yang sesuai dan tepat untuk mencapai suatu tujuan tertentu pada setiap pembelajaran. Bagi siswa, selain dapat dipakai sebagai sumber belajar, modul juga dapat dijadikan sebagai pedoman dalam melakukan suatu kegiatan tertentu. Bagi sekolah menengah kejuruan, modul merupakan media informasi yang dirasakan efektif, karena isinya yang singkat, padat informasi, dan mudah dipahami oleh siswa sehingga proses pembelajaran yang tepat guna akan dapat dicapai.

Dalam modul ini akan dipelajari secara garis besar akan dibahas penerapan hukum I termodinamika dalam kaitannya dengan reaksi kimia . Dan pembahasan lebih terfokus pada hubungan antara perubahan entalpi dengan jenis reaksi. Disamping itu juga dipelajari bagaimana menghitung perubahan entalpi suatu reaksi berdasarkan hukum Hess, data perubahan entalpi pembentukan standar, dan data energi ikatan

Surabaya, Desember 2004

Penyusun

Harun Nasrudin

Daftar Isi

📖 Halaman Sampul	i
📖 Halaman Francis.....	ii
📖 Kata Pengantar	iii
📖 Kata Pengantar	v
📖 Daftar Isi	vi
📖 Peta Kedudukan Modul.....	viii
📖 Daftar judul modul.....	ix
📖 Glosary	x

I. PENDAHULUAN

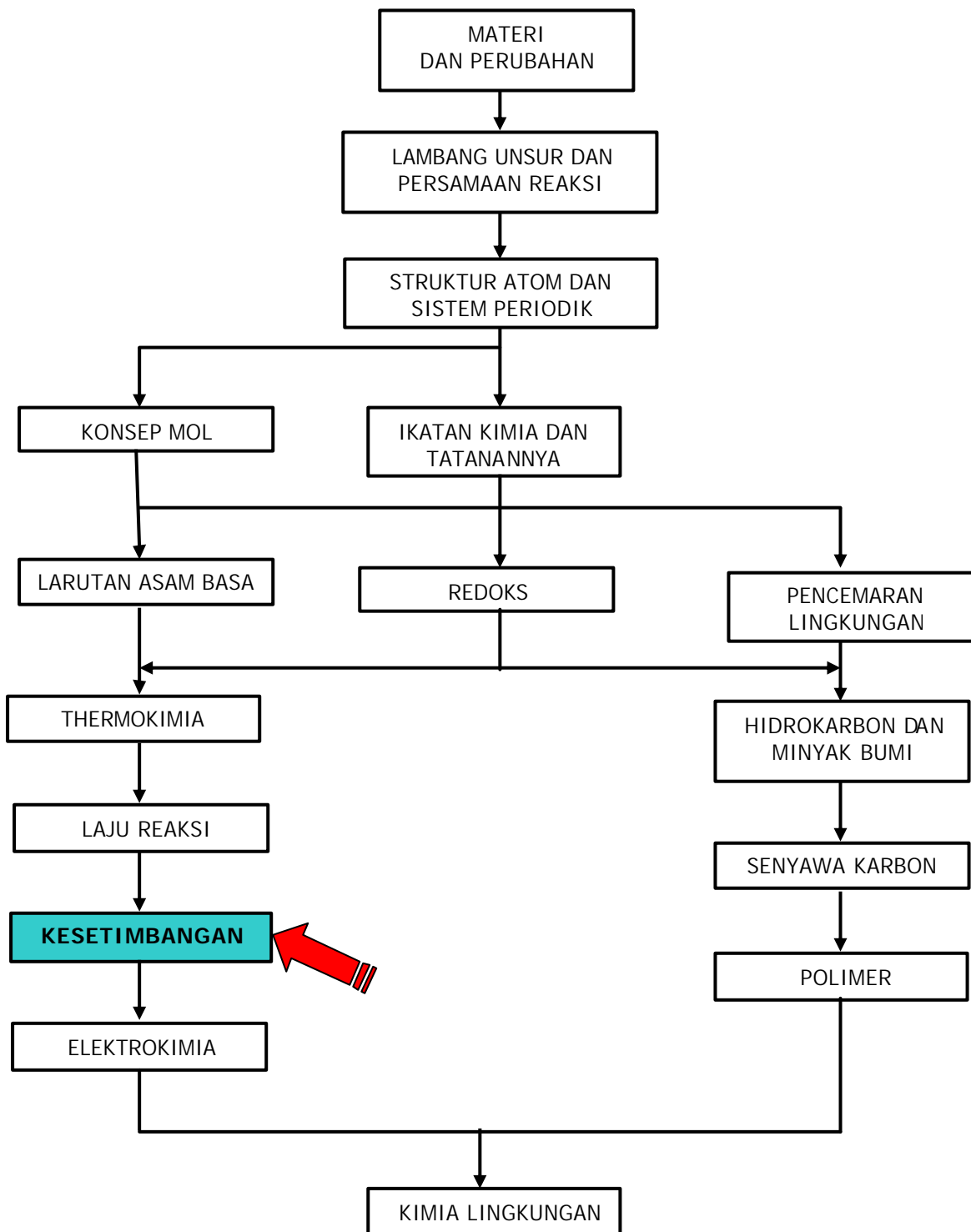
A. Deskripsi	1
B. Prasyarat	1
C. Petunjuk Penggunaan Modul.....	1
D. Tujuan Akhir	2
E. Kompetensi.....	3
F. Cek Kemampuan	5

II. PEMBELAJARAN

A. Rencana Belajar Peserta Diklat	6
B. Kegiatan Belajar	7
1. Kegiatan Belajar 1.....	7
a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran	7
b. Uraian Materi.....	7
c. Rangkuman.....	15
d. Tugas	16
e. Tes Formatif.....	16
f. Kunci Jawaban.....	17
g> Lembar Kerja	17
2. Kegiatan Belajar 2.....	19
a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran	19
b. Uraian Materi.....	19
c. Rangkuman.....	30
d. Tugas	30
e. Tes Formatif.....	31
f. Kunci Jawaban.....	32
g. Lembar Kerja	32

3. Kegiatan Belajar 3	34
a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran	34
b. Uraian Materi.....	34
c. Rangkuman.....	47
d. Tugas	48
e. Tes Formatif.....	49
f. Kunci Jawaban.....	49
g. Lembar Kerja	50
4. Kegiatan Belajar 4	52
a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran	52
b. Uraian Materi.....	52
c. Rangkuman.....	58
d. Tugas	60
e. Tes Formatif.....	61
f. Kunci Jawaban.....	61
III. EVALUASI	62
A. Tes Tertulis	62
B. Tes Praktek	63
KUNCI JAWABAN	64
A. Tes Tertulis	64
B. Tes Praktek	65
IV. PENUTUP	67
DAFTAR PUSTAKA	68

Peta Kedudukan Modul



Daftar Judul Modul

No.	Kode Modul	Judul Modul
1	KIM.01	Materi dan Perubahannya
2	KIM.02	Lambang Unsur dan Persamaan Reaksi
3	KIM.03	Struktur Atom dan Sistem Periodik Unsur
4	KIM.04	Konsep Mol
5	KIM.05	Ikatan Kimia
6	KIM.06	Larutan Asam Basa
7	KIM.07	Reaksi Oksidasi dan Reduksi
8	KIM.08	Pencemaran Lingkungan
9	KIM.09	Termokimia
10	KIM.10	Laju Reaksi
11	KIM.11	Keseimbangan Kimia
12	KIM.12	Elektrokimia
13	KIM.13	Hidrokarbon dan Minyak Bumi
14	KIM.14	Senyawa Karbon
15	KIM.15	Polimer
16	KIM.16	Kimia Lingkungan

Glossary

ISTILAH	KETERANGAN
Kesetimbangan dinamis	Kesetimbangan yang dapat berubah karena faktor luar/gangguan dari luar misalnya konsentrasi, temperatur, dan tekanan-volume
Tetapan Kesetimbangan	Perbandingan konsentrasi antara hasil reaksi dan pereaksi
Azas Le Chatelier	Azas yang dapat digunakan sebagai suatu pegangan perubahan kesetimbangan dinamis jika ada aksi maka timbul reaksi (aksi = - reaksi)
Reaksi reversibel	Reaksi dapat balik, dimana selain terjadi reaksi kearah kanan juga terjadi reaksi ke arah kiri
Keadaan setimbang	Keadaan dimana reaksi kekanan= ke kiri
Reaksi irreversibel	Reaksi hanya satu arah saja kemudian berhenti atau reaksi berkesudahan
Persamaan tetapan kesetimbangan	Persamaan yang menyatakan perbandingan konsentrasi antara zat hasil dengan zat reaktan
Kesetimbangan homogen	Reaksi kesetimbangan, dimana zat—zat yang terlibat dalam reaksi hanya berada dalam satu fasa
Kesetimbangan heterogen	Reaksi kesetimbangan, dimana zat—zat yang terlibat dalam reaksi terdapat lebih dari satu fasa
Hukum aksi masa	Suatu keteraturan bahwa kesetimbangan merupakan perbandingan konsentrasi zat-zat yang bereaksi.
Kesetimbangan tekanan parsial	Kesetimbangan yang didasarkan pada campuran fasa gas dalam suatu reaksi
Kesetimbangan larutan	Kesetimbangan dalam fasa cair

BAB I. PENDAHULUAN

A. Deskripsi

Dalam modul ini Anda akan mempelajari tentang kesetimbangan kimia, yang merupakan bagian dari ilmu kimia yang mempelajari tentang reaksi bolak-balik sebagai dasar reaksi kimia atau proses kimia dalam industri. Kesetimbangan kimia merupakan penerapan dari aspek kinetika dan termodinamika kimia dan kaitannya dengan reaksi kimia.

Dalam kesetimbangan kimia ini akan dibahas tentang kesetimbangan dinamis yang meliputi pengertian kesetimbangan dinamis dan reaksi bolak-balik, pergeseran kesetimbangan yang difokuskan pada faktor – faktor yang mempengaruhi pergeseran kesetimbangan, tetapan kesetimbangan antara lain meliputi pengertian, kesetimbangan pada tekanan parsial sebagai teori pendukung dalam proses industri kimia, dan hubungan kuantitatif antara pereaksi dengan hasil reaksi dari suatu reaksi kesetimbangan.

B. Prasyarat

Agar dapat mempelajari modul ini anda harus memahami terlebih dahulu tentang konsep dasar laju reaksi dan konsep dasar termodinamika kimia.

C. Petunjuk Penggunaan Modul

1. Pelajari daftar isi serta skema kedudukan modul dengan cermat dan teliti karena dalam skema modul akan nampak kedudukan modul yang sedang Anda pelajari ini diantara modul-modul yang lain.
2. Perhatikan langkah-langkah dalam melakukan pekerjaan dengan benar untuk mempermudah dalam memahami suatu proses pekerjaan, sehingga diperoleh hasil yang maksimal.

3. pahami setiap materi teori dasar yang akan menunjang penguasaan suatu pekerjaan dengan membaca secara teliti. Apabila terdapat evaluasi, maka kerjakan evaluasi tersebut sebagai sarana latihan.
4. Jawablah tes formatif dengan jawaban yang singkat dan jelas serta kerjakan sesuai dengan kemampuan Anda setelah mempelajari modul ini.
5. Bila terdapat penugasan, kerjakan tugas tersebut dengan baik dan jika perlu konsultasikan hasil tersebut pada guru/instruktur.
6. Catatlah kesulitan yang Anda dapatkan dalam modul ini untuk ditanyakan pada guru pada saat kegiatan tatap muka. Bacalah referensi yang lain yang berhubungan dengan materi modul agar Anda mendapatkan pengetahuan tambahan.

D. Tujuan Akhir

Setelah mempelajari modul ini diharapkan anda dapat:

1. Menjelaskan pengertian reaksi Keseimbangan dinamis.
2. Menjelaskan pengertian reaksi bolak-balik.
3. Menjelaskan keseimbangan homogen dan heterogen.
4. Menjelaskan faktor-faktor yang mempengaruhi pergeseran keseimbangan
5. Menjelaskan pengertian tetapan keseimbangan.
6. Menentukan persamaan tetapan keseimbangan berdasarkan reaksi keseimbangan.
7. Menentukan keseimbangan tekanan parsial.
8. Menentukan harga tetapan keseimbangan berdasarkan konsentrasi, dan untuk menentukan harga tetapan keseimbangan berdasarkan tekanan parsial gas pereaksi dan hasil reaksi.

E. Kompetensi

Kompetensi : KESETIMBANGAN KIMIA
 Program Keahlian : Program Adaptif
 Matadiklat/Kode : KIMIA/KIM. 03
 Durasi Pembelajaran : 18 jam @ 45 menit

SUB KOMPETENSI	KRITERIA KINERJA	LINGKUP BELAJAR	MATERI POKOK PEMBELAJARAN		
			SIKAP	PENGETAHUAN	KETERAMPILAN
1. Kesetimbangan dinamis	? Menjelaskan pengertian reaksi Kesetimbangan dinamis ? Menjelaskan pengertian reaksi bolak-balik ? Menjelaskan kesetimbangan homogen dan heterogen	? Persamaan Reaksi Kesetimbangan dinamis ? Reaksi bolak-balik ? Kesetimbangan homogen ? Kesetimbangan heterogen	? Tekun ? Kritis ? Jujur ? Obyektif ? Cermat ? Teliti ? Terbuka ? Bekerjasama	? Mengerti reaksi kesetimbangan dinamis dan reaksi bolak balik ? Mengerti kesetimbangan homogen dan heterogen dan contohnya	? Menginterpretasikan data persamaan reaksi kesetimbangan dengan tetapan kesetimbangan
2. Pergeseran kesetimbangan	? Menjelaskan faktor-faktor yang mempengaruhi pergeseran kesetimbangan	? Pergeseran kesetimbangan ? Azas Le Chatelier ? Faktor-faktor yang mempengaruhi pergeseran kesetimbangan	? Tekun ? Kritis ? Jujur ? Obyektif ? Cermat ? Teliti ? Terbuka ? Bekerjasama	? Penjelasan azas Le Chatelier ? Mengerti faktor-faktor yang mempengaruhi pergeseran kesetimbangan; - suhu - Konsentrasi - Tekanan - Volume	? Menginterpretasikan pergeseran kesetimbangan berdasarkan data pengaruh suhu, konsentrasi, tekanan dan volume

<p>3. Tetapan kesetimbangan</p>	<ul style="list-style-type: none"> ? Menjelaskan pengertian tetapan kesetimbangan ? Menentukan persamaan tetapan kesetimbangan berdasarkan reaksi kesetimbangan ? Menentukan kesetimbangan tekanan parsial 	<ul style="list-style-type: none"> ? Pengertian tetapan kesetimbangan ? Persamaan tetapan kesetimbangan ? Kesetimbangan pada tekanan parsial ? Digunakan untuk mendukung materi : <ul style="list-style-type: none"> - Pembuatan Kertas - Pembuatan tinta - Foto reproduksi - Ofset - Sablon 	<ul style="list-style-type: none"> ? Tekun ? Kritis ? Jujur ? Obyektif ? Cermat ? Teliti ? Terbuka ? Bekerjasama 	<ul style="list-style-type: none"> ? Penjelasan tetapan kesetimbangan tekanan parsial ? Mengerti cara penentuan tetapan kesetimbangan pada reaksi homogen dan heterogen ? Penjelasan kondisi optimum untuk memproduksi bahan kimia di industri 	<ul style="list-style-type: none"> ? Menginterpretasikan data pada penentuan tetapan kesetimbangan ? Menentukan kondisi optimum untuk memproduksi bahan di industri berdasarkan faktor-faktor yang mempengaruhi kesetimbangan
<p>4. Hubungan kuantitatif antara pereaksi dengan hasil reaksi dari suatu reaksi kesetimbangan</p>	<ul style="list-style-type: none"> ? Menentukan harga tetapan kesetimbangan berdasarkan konsentrasi, dan untuk berdasarkan tekanan parsial gas pereaksi dan hasil reaksi 	<ul style="list-style-type: none"> ? Tetapan kesetimbangan larutan ? Tetapan kesetimbangan gas 	<ul style="list-style-type: none"> ? Tekun ? Kritis ? Jujur ? Obyektif ? Cermat ? Teliti ? Terbuka ? Bekerjasama 	<ul style="list-style-type: none"> ? Menghitung jumlah zat pereaksi dan hasil reaksi berdasarkan harga Tetapan kesetimbangan ? Menghitung tetapan kesetimbangan gas 	<ul style="list-style-type: none"> Menginterpretasikan data pada penentuan tetapan kesetimbangan

F. Cek Kemampuan

1. Jelaskan pengertian reaksi kesetimbangan dinamis?
2. Jelaskan pengertian reaksi bolak-balik?
3. Jelaskan apa yang dimaksud kesetimbangan homogen dan heterogen?
4. Sebutkan faktor-faktor yang mempengaruhi pergeseran kesetimbangan.
5. Jelaskan pengertian tetapan kesetimbangan?
6. Bagaimana cara menentukan persamaan tetapan kesetimbangan berdasarkan reaksi kesetimbangan, jelaskan jawaban Anda?
7. Bagaimana menentukan kesetimbangan tekanan parsial?
8. Bagaimana menentukan harga tetapan kesetimbangan berdasarkan konsentrasi, dan untuk berdasarkan tekanan parsial gas pereaksi dan hasil reaksi?

BAB II. PEMBELAJARAN

A. Rencana Belajar Peserta Diklat

- Kompetensi : Keseimbangan kimia
- Sub kompetensi : 1. Keseimbangan dinamis
2. Pergeseran keseimbangan
3. Tetapan keseimbangan
4. Hubungan kuantitatif antara pereaksi dan hasil reaksi

Tuliskan semua jenis kegiatan yang anda lakukan di dalam tabel kegiatan di bawah ini. Jika ada perubahan dari rencana semula, berilah alasannya kemudian mintalah tanda tangan kepada guru atau instruktur anda.

Jenis Kegiatan	Tanggal	Waktu	Tempat Belajar	Alasan Perubahan	Tanda Tangan Guru

B. Kegiatan Belajar

1. Kegiatan Belajar 1

a. Tujuan kegiatan pembelajaran

1. Menjelaskan pengertian reaksi Kesetimbangan dinamis
2. Menjelaskan pengertian reaksi bolak-balik
3. Menjelaskan kesetimbangan homogen dan heterogen

b. Uraian materi

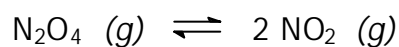
KONSEP KESETIMBANGAN DINAMIS

Pada umumnya reaksi-reaksi kimia tersebut berlangsung dalam **arah bolak-balik** (*reversible*), dan hanya sebagian kecil saja yang berlangsung satu arah. Pada awal proses bolak-balik, reaksi berlangsung ke arah pembentukan produk, segera setelah terbentuk molekul produk maka terjadi reaksi sebaliknya, yaitu pembentukan molekul reaktan dari molekul produk. Ketika laju reaksi ke kanan dan ke kiri sama dan konsentrasi reaktan dan produk tidak berubah maka kesetimbangan reaksi tercapai.

Ketika suatu reaksi kimia berlangsung, laju reaksi dan konsentrasi pereaksi pun berkurang. Beberapa waktu kemudian **reaksi** dapat **berkesudahan**, artinya semua pereaksi habis bereaksi. Namun banyak reaksi tidak berkesudahan dan pada seperangkat kondisi tertentu, konsentrasi pereaksi dan produk reaksi menjadi tetap. Reaksi yang demikian disebut reaksi reversibel dan mencapai kesetimbangan. Pada reaksi semacam ini produk reaksi yang terjadi akan bereaksi membentuk kembali pereaksi. ketika reaksi berlangsung laju reaksi ke depan (ke kanan), sedangkan laju reaksi sebaliknya kebelakang (ke kiri) bertambah, sebab konsentrasi pereaksi berkurang dan konsentrasi produk reaksi semakin bertambah.

Pada umumnya suatu reaksi kimia yang berlangsung spontan akan terus berlangsung sampai dicapai keadaan kesetimbangan dinamis. Berbagai hasil percobaan menunjukkan bahwa dalam suatu reaksi kimia, perubahan reaktan menjadi produk pada umumnya tidak sempurna, meskipun reaksi dilakukan dalam waktu yang relatif lama. Umumnya pada permulaan reaksi berlangsung, reaktan mempunyai laju reaksi tertentu. Kemudian setelah reaksi berlangsung konsentrasi akan semakin berkurang sampai akhirnya menjadi konstan. Keadaan kesetimbangan dinamis akan dicapai apabila dua proses yang berlawanan arah berlangsung dengan laju reaksi yang sama dan konsentrasi tidak lagi mengalami perubahan atau tidak ada gangguan dari luar.

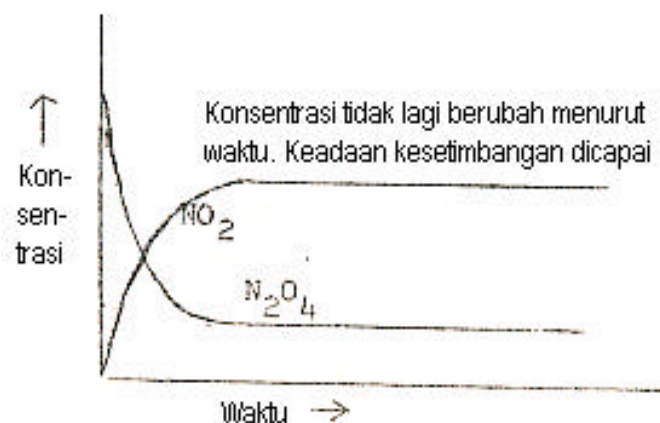
Sebagai contoh keadaan kesetimbangan dinamis, kita perhatikan reaksi penguraian (dissosiasi) gas N_2O_4 sebagai berikut :



Tak berwarna merah-coklat

Andaikan sejumlah mol gas N_2O_4 dimasukkan ke dalam suatu bejana tertutup. Mula-mula dengan segera gas N_2O_4 yang tidak berwarna tersebut terdissosiasi menjadi NO_2 yang berwarna merah coklat. Akan tetapi setiap dua molekul NO_2 dengan mudah bergabung menjadi molekul zat N_2O_4 kembali. Mula-mula laju reaksi disosiasi N_2O_4 berlangsung relatif lebih cepat daripada laju reaksi pembentukan N_2O_4 . Namun laju reaksi pembentukan N_2O_4 juga makin lama makin bertambah besar sesuai dengan pertambahan jumlah NO_2 yang terbentuk. Pada suatu saat laju reaksi disosiasi N_2O_4 sama dengan laju reaksi pembentukan N_2O_4 . maka Keadaan inilah yang disebut Keadaan kesetimbangan.

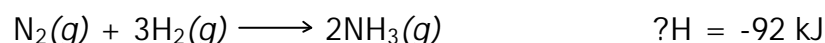
Proses penguraian yang dibahas di atas, secara diagramatis dapat digambarkan sebagaimana yang diperlihatkan pada Gambar 1 berikut :



Gambar 1. Pencapaian keadaan kesetimbangan reaksi penguraian N_2O_4

Pada keadaan kesetimbangan, jumlah molekul NO_2 dan N_2O_4 tetap. Oleh karena itu ketika keadaan kesetimbangan tercapai tidak terjadi perubahan sifat makroskopis zat. Akan tetapi reaksi penguraian dan pembentukan N_2O_4 tetap berlangsung secara terus menerus tidak kunjung berhenti. Jadi, pada keadaan kesetimbangan dinamis, sekalipun secara makroskopis tidak terjadi perubahan, tetapi secara mikroskopis tetap terjadi perubahan yang terus menerus.

Contoh lain dari reaksi kesetimbangan dinamis misalnya dalam dunia industri, amonia dibuat dari gas nitrogen dan gas hidrogen menurut persamaan adalah:

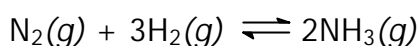


Stokiometri reaksi menunjukkan bahwa dalam suatu ruangan tertutup 1 mol gas nitrogen dipanaskan bersama 3 mol gas hidrogen. membentuk 2 mol amonia. Akan tetapi, dari percobaan diketahui bahwa hasil seperti itu tidak pernah dicapai. Pada awalnya, hanya terjadi satu reaksi yaitu pembentukan amonia.

Mengapa hal itu terjadi, ternyata reaksi berlangsung tidak tuntas. Reaksi "seperti berhenti" setelah sebagian nitrogen dan hidrogen bereaksi. Reaksi berakhir dengan suatu campuran yang mengandung NH_3 , N_2 , dan H_2 . Keadaan seperti itu disebut keadaan setimbang.

Seperti telah disebutkan di atas, amonia dapat pula terurai membentuk nitrogen dan hidrogen. Oleh karena itu, segera setelah terbentuk sebagian amonia akan terurai kembali gas nitrogen dan gas hidrogen seperti pada persamaan reaksi: $2\text{NH}_3(g) \longrightarrow \text{N}_2(g) + 3\text{H}_2(g)$

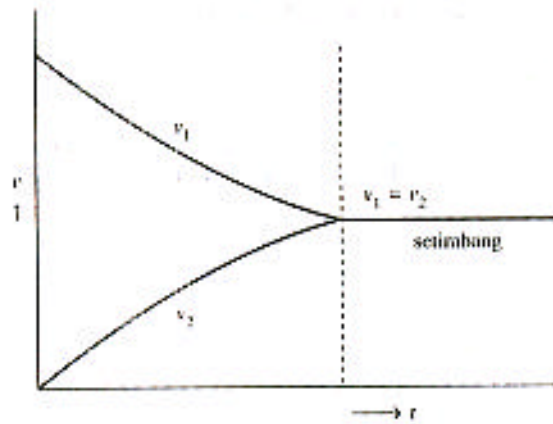
Selanjutnya, kedua reaksi tersebut akan berlangsung secara bersamaan (simultan) menurut reaksi dapat terjadi dua arah sebagai berikut :



Misalkan laju reaksi kekanan v_1 dan laju reaksi balik v_2 . Sebagaimana telah dipelajari dalam bab sebelumnya yaitu laju reaksi, bahwa nilai v_1 bergantung pada konsentrasi N_2 dan H_2 , sedangkan nilai v_2 bergantung pada konsentrasi NH_3 . pada awal reaksi, v_1 mempunyai nilai maksimum, sedangkan $v_2 = 0$ (karena NH_3 belum ada).

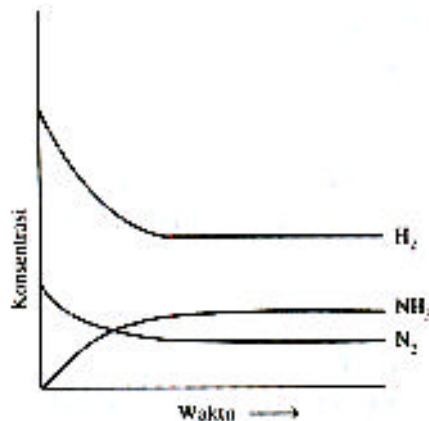
Selanjutnya seiring dengan berkurangnya konsentrasi N_2 dan H_2 , nilai v_1 makin lama makin kecil. Sebaliknya, dengan bertambahnya konsentrasi NH_3 , nilai v_2 makin lama makin besar. Pada suatu saat, laju reaksi maju (v_1) menjadi sama dengan laju reaksi balik (v_2). Hal itu berarti bahwa laju menghilangnya suatu komponen sama dengan laju pembentukan komponen itu. Berarti, sejak $v_1 = v_2$, jumlah masing-masing komponen tidak berubah terhadap waktu oleh karena itu tidak ada perubahan yang dapat diamati terhadap waktu. Oleh karena itu tidak ada perubahan yang dapat diamati atau diukur (sifat makroskopis tidak berubah), reaksi seolah-olah telah berhenti. Keadaan seperti itu disebut keadaan setimbang (kesetimbangan). Akan tetapi, percobaan menunjukkan bahwa dalam keadaan setimbang reaksi tetap berlangsung pada tingkat molekul (tingkat mikroskopis). Oleh karena itu, keseimbangan kimia disebut *Kesetimbangan dinamis*.

Perubahan v_1 dan v_2 terhadap waktu ditunjukkan pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Grafik perubahan reaksi terhadap waktu pada reaksi bolak-balik:
 $\text{N}_2(g) + 3\text{H}_2(g) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(g)$
 v_1 = laju reaksi dari kiri ke kanan
 v_2 = laju reaksi dari kanan ke kiri
 Keadaan setimbang tercapai pada saat $v_1 = v_2$

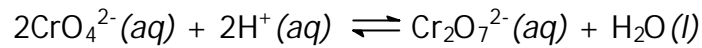
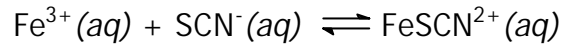
Sedangkan perubahan konsentrasi N_2 , H_2 , dan NH_3 terhadap waktu diberikan pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Perubahan konsentrasi pereaksi dan hasil reaksi menuju keadaan setimbang untuk reaksi: $\text{N}_2(g) + 3\text{H}_2(g) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(g)$

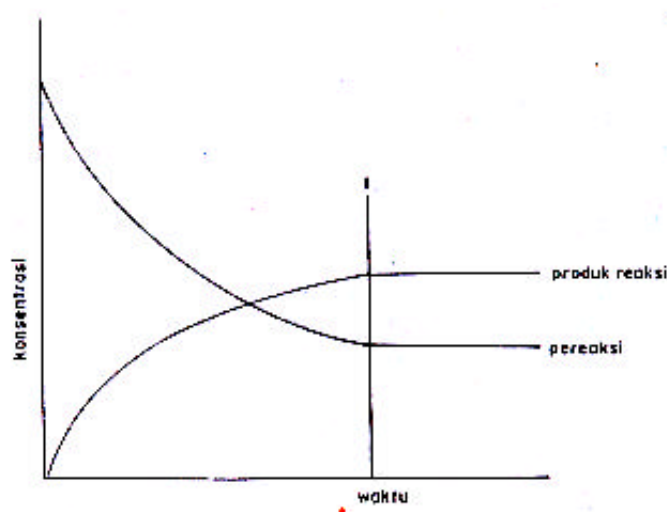
Pada kondisi ini konsentrasi N_2 dan H_2 (pereaksi) turun, konsentrasi NH_3 (hasil reaksi) naik. Pada keadaan setimbang konsentrasi masing-masing zat tetap.

Waktu untuk mencapai keadaan setimbang umumnya berbeda dari suatu reaksi ke reaksi yang lain. Ada reaksi yang mencapai kesetimbangan begitu zat-zat pereaksi dicampurkan, misalnya :



Akan tetapi ada banyak reaksi yang memerlukan waktu lebih lama untuk mencapai keadaan setimbang. Misalnya, reaksi gas nitrogen dengan gas hidrogen membentuk amonia: $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g})$ memerlukan waktu berhari-hari untuk mencapai kesetimbangan, meskipun dilakukan pada suhu 500°C . *Cepat lambatnya suatu reaksi mencapai kesetimbangan bergantung pada laju reaksinya. Semakin besar laju reaksi, semakin cepat kesetimbangan tercapai.* Berdasarkan gambar 4 terlihat bahwa :

1. Pada awal konsentrasi berubah dengan cepat
2. Pada waktu t , konsentrasi tidak berubah karena sistem berada dalam keadaan kesetimbangan.
3. Laju perubahan konsentrasi berkurang ketika reaksi berlangsung sampai mencapai nol, ketika sistem mencapai kesetimbangan.



Gambar 4. Aluran konsentrasi terhadap waktu

Secara garis besar Keseimbangan kimia hanya dapat berlangsung dalam sistem tertutup. Sementara itu, pada umumnya proses alami berlangsung dalam sistem terbuka. Sebagaimana kita saksikan, berbagai proses alami, seperti perkaratan logam, pembusukan, dan pembakaran merupakan reaksi yang berlangsung searah. Akan tetapi, jika sistemnya kita perbesar misalnya mencakup atmosfer secara keseluruhan, kita dapat melihat berbagai keseimbangan. Misalnya keseimbangan yang mengatur komposisi atmosfer yang relatif konstan dari waktu ke waktu.

Proses keseimbangan juga dapat terjadi dalam tubuh makhluk hidup. Darah manusia, sebagai contoh, mempunyai suatu sistem yang mengatur pH tetap sekitar 7,4. Hal itu sangat penting, karena perubahan kecil saja pada pH darah akan mengganggu fungsinya, misalnya dalam kegiatan pengikatan logam.

REAKSI BOLAK-BALIK (reversibel)

Ketika suatu reaksi kimia berlangsung, laju reaksi dan konsentrasi pereaksi pun berkurang. Beberapa waktu kemudian reaksi dapat berkesudahan, artinya semua pereaksi habis bereaksi. Namun banyak reaksi tidak berkesudahan dan pada seperangkat kondisi tertentu, konsentrasi pereaksi dan produk reaksi menjadi tetap. Reaksi yang demikian disebut **reaksi reversibel** dan mencapai keseimbangan. Pada reaksi semacam ini produk reaksi yang terjadi akan bereaksi membentuk kembali pereaksi. ketika reaksi berlangsung laju reaksi ke depan (ke kanan), sedangkan laju reaksi sebaliknya ke belakang (kekiri) bertambah, sebab konsentrasi pereaksi berkurang dan konsentrasi produk reaksi semakin bertambah.

Pada umumnya suatu reaksi kimia yang berlangsung spontan akan terus berlangsung sampai dicapai keadaan keseimbangan dinamis. Berbagai hasil percobaan menunjukkan bahwa dalam suatu reaksi kimia, perubahan reaktan menjadi produk pada umumnya tidak

sempurna, meskipun reaksi dilakukan dalam waktu yang relatif lama. Umumnya pada permulaan reaksi berlangsung, reaktan mempunyai laju reaksi tertentu. Kemudian setelah reaksi berlangsung konsentrasi akan semakin berkurang sampai akhirnya menjadi konstan. Keadaan kesetimbangan dinamis akan dicapai apabila dua proses yang berlawanan arah berlangsung dengan laju reaksi yang sama dan konsentrasi tidak lagi mengalami perubahan atau tidak ada gangguan dari luar.

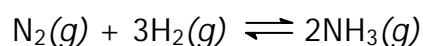
Perhatikanlah kertas yang terbakar. Apakah hasil pembakaran kertas dapat diubah menjadi kertas seperti semula? Pengalaman menunjukkan bahwa proses itu tidak dapat dilakukan, bukan? Reaksi seperti itu kita golongkan sebagai reaksi yang berlangsung searah atau reaksi yang **tidak dapat balik (Irreversible)**. Apakah ada reaksi yang dapat balik? dalam kehidupan sehari-hari sulit menemukan reaksi yang dapat balik. Proses-proses alami umumnya berlangsung searah, tidak dapat balik. Namun, di laboratorium maupun dalam proses industri, banyak reaksi yang dapat balik. Reaksi yang dapat balik kita sebut reaksi *reversible*. Dua diantaranya kita sebutkan dalam contoh di bawah ini :

Contoh 1 :

Jika campuran gas nitrogen dan hidrogen dipanaskan akan menghasilkan amonia, dengan reaksi: $N_2(g) + 3H_2(g) \longrightarrow 2NH_3(g)$

Sebaliknya, jika amonia (NH_3) dipanaskan akan terurai membentuk nitrogen dan hidrogen, dengan reaksi: $2NH_3(g) \longrightarrow N_2(g) + 3H_2(g)$

Apabila diperhatikan ternyata reaksi pertama merupakan kebalikan dari reaksi kedua. Kedua reaksi itu dapat digabung sebagai berikut :



Tanda \rightleftharpoons dimaksudkan untuk menyatakan reaksi dapat balik. Reaksi ke kanan disebut *reaksi maju*, reaksi ke kiri disebut *reaksi balik*.

REAKSI KESETIMBANGAN HOMOGEN DAN HETEROGEN

Reaksi dapat dibedakan menjadi dua macam yaitu reaksi kesetimbangan homogen dan reaksi kesetimbangan heterogen. Reaksi Kesetimbangan Homogen merupakan reaksi kesetimbangan dimana semua fasa senyawa yang bereaksi sama.

Contoh :

1. $\text{N}_2(g) + 3\text{H}_2(g) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(g)$
2. $\text{H}_2\text{O}(l) \rightleftharpoons \text{H}^+(aq) + \text{OH}^-(aq)$
3. $\text{CH}_3\text{COOH}(aq) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COO}^-(aq) + \text{H}^+(aq)$

Sedangkan reaksi kesetimbangan dimana reaktan dan produk yang berbeda fasa.

Contoh :

1. $\text{CaCO}_3(s) \rightleftharpoons \text{CaO}(s) + \text{CO}_2(g)$
2. $\text{Ag}_2\text{CrO}_4(s) \rightleftharpoons 2\text{Ag}^+(aq) + \text{CrO}_4^{2-}(aq)$
3. $2\text{C}(s) + \text{O}_2(g) \rightleftharpoons 2\text{CO}(g)$
4. $2\text{NaHCO}_3(s) \rightleftharpoons \text{Na}_2\text{CO}_3(s) + \text{CO}_2(g) + \text{H}_2\text{O}(g)$

c. Rangkuman

Keadaan suatu reaksi dimana tidak ada perubahan yang dapat diamati atau diukur (sifat makroskopis tidak berubah), reaksi seolah-olah telah berhenti disebut keadaan setimbang (kesetimbangan). Suatu reaksi dimana pereaksi dan produk reaksi berada dalam satu keadaan yang disebut *kesetimbangan dinamis*. Reaksi yang dapat balik kita sebut reaksi *reversible (reaksi bolak-balik)*.

Kesetimbangan yang semua komponennya satu fase kita sebut *kesetimbangan homogen*, sedangkan kesetimbangan yang terdiri dari dua fase atau lebih kita sebut *kesetimbangan heterogen*. Kesetimbangan homogen dapat berupa sistem gas atau larutan.

Sedangkan kesetimbangan heterogen umumnya melibatkan komponen padat-gas atau cair-gas.

d. Tugas

1. Jelaskan perbedaan antara reaksi tidak dapat balik (irreversible) dan reaksi dapat balik (reversible), berikan contoh masing-masing?
2. Bilamana suatu reaksi dapat dikatakan telah mencapai keadaan kesetimbangan dinamis?
3. Mengapa pada kesetimbangan tidak terjadi perubahan makroskopis?
4. Jelaskan, mengapa kesetimbangan kimia disebut kesetimbangan dinamis?
5. Jelaskan perbedaan pokok antara reaksi kesetimbangan homogen dan heterogen, beri contoh masing-masing!

e. Tes Formatif

1. Tuliskan reaksi kesetimbangan antara timbal (II) sulfat dengan natrium iodida, dan beri keterangan perubahan warna yang terjadi?
2. Tentukan apakah kesetimbangan berikut tergolong kesetimbangan homogen atau heterogen?
 - a. $4 \text{NH}_3(g) + 5 \text{O}_2(g) \rightleftharpoons 4 \text{NO}(g) + 6 \text{H}_2\text{O}(g)$
 - b. $3 \text{Fe}(s) + 4 \text{H}_2\text{O}(g) \rightleftharpoons \text{Fe}_3\text{O}_4(s) + 4 \text{H}_2(g)$
 - c. $\text{CH}_3\text{COO}^-(aq) + \text{H}_2\text{O}(l) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COOH}(aq) + \text{OH}^-(aq)$
3. Jelaskan kapankah suatu reaksi bolak-balik mencapai keadaan setimbang ?
4. Jelaskan mengapa cepat lambatnya suatu reaksi mencapai kesetimbangan bergantung pada laju reaksinya?
5. Tuliskan reaksi kesetimbangan yang melibatkan N_3 , H_2 , dan NH_3 ?

c. Tambahkan larutan Na_2SO_4 1 M kira-kira 4 mL. Kemudian aduk dan amati perubahan warna endapan

3. Hasil Pengamatan :

Warna PbSO_4 mula-mula :

PbSO_4 + Larutan NaI :

Warna setelah endapan (I) + Larutan Na_2SO_4 :

4. Analisis Data :

a. Tulislah persamaan reaksi antara :

1) Timbal Sulfat dengan natrium Iodida :.....

2) Endapan (II) dengan larutan Natrium sulfat :.....

b. Bagaimana hubungan antara kedua reaksi tersebut ?

5. Menarik Kesimpulan :

Simpulkan pengertian dari reaksi reversibel.

2. Kegiatan Belajar 2

a. Tujuan kegiatan pembelajaran

1. Menjelaskan pengertian pergeseran kesetimbangan
2. Menjelaskan prinsip azas Le Chatelier
3. Menjelaskan faktor-faktor yang mempengaruhi pergeseran kesetimbangan

b. Uraian materi

Pergeseran kesetimbangan

Jika pada sistem kesetimbangan diberikan aksi, maka sistem akan berubah sedemikian rupa sehingga pengaruh aksi tadi diupayakan sekecil mungkin. Aksi-aksi yang dapat mempengaruhi terjadinya pergeseran kesetimbangan antara lain perubahan konsentrasi, perubahan volume, perubahan tekanan, perubahan jumlah mol, perubahan temperatur, dan katalisator.

Untuk memahami terjadinya pergeseran kesetimbangan, maka perhatikan persamaan reaksi berikut :



dengan $K_c = 54,3$ pada 430°C . Misalnya kita masukkan $0,243$ mol H_2 , $0,146$ mol I_2 dan $1,98$ mol HI dalam satu liter tangki. Apakah reaksi akan berjalan ke kanan atau ke kiri ?

Dengan memasukkan konsentrasi awal didapat,

$$\frac{[\text{HI}]_o^2}{[\text{H}_2]_o[\text{I}_2]_o} \stackrel{?}{=} \frac{(1,98)^2}{(0,243)(0,146)} \stackrel{?}{=} 111$$

karena didapat hasil $\frac{[\text{HI}]_o^2}{[\text{H}_2]_o[\text{I}_2]_o}$ yang lebih besar dari pada K_c maka

sistem tidak dalam keadaan setimbang. sehingga untuk mencapai kesetimbangan reaksi akan bergeser dari kanan ke kiri.

Jumlah yang didapat dengan membagi konsentrasi awal seperti

tersebut diatas, $\frac{[\text{HI}]_o^2}{[\text{H}_2]_o[\text{I}_2]_o}$, disebut dengan Q_c .

Apabila zat pada ruas kiri dan ruas kanan dari suatu reaksi kesetimbangan dicampurkan dalam suatu wadah reaksi maka sangat mungkin bahwa campuran tidak setimbang. Reaksi harus berlangsung ke kanan atau ke kiri sampai mencapai kesetimbangan. Dalam hal seperti ini, arah reaksi dapat ditentukan dengan memeriksa nilai *kuotion reaksi* (Q_c). Kuotion reaksi adalah nisbah konsentrasi yang bentuknya sama dengan persamaan K_c .

Untuk menentukan arah reaksi dalam mencapai kesetimbangan kita dapat membandingkan nilai Q_c dan K_c .

Jika $Q_c < K_c$ berarti reaksi bersih berlangsung ke kanan sampai $Q_c = K_c$.

Jika $Q_c > K_c$ berarti reaksi bersih berlangsung ke kiri sampai $Q_c = K_c$.

Jika $Q_c = K_c$ berarti campuran seimbang.

Contoh :

Pada keadaan awal terdapat 0,249 mol N_2 , $3,21 \times 10^{-2}$ mol H_2 , dan $6,42 \times 10^{-4}$ mol NH_3 pada tangki reaksi 3,5 L pada $375^\circ C$. Jika kesetimbangan reaksi K_c untuk reaksi :



adalah 1,2, apakah sistem dalam keadaan setimbang? Jika tidak, ramalkan ke arah mana reaksi akan berjalan ?

Jawab :

Konsentrasi mula-mula :

$$[N_2]_0 = \frac{0,249 \text{ mol}}{3,5 L} = 0,0721 M$$

$$[H_2]_0 = \frac{3,21 \times 10^{-2} \text{ mol}}{3,5 L} = 9,17 \times 10^{-3} M$$

$$[NH_3]_0 = \frac{(1,83 \times 10^{-4})^2 \text{ mol}}{3,5 L} = 1,83 \times 10^{-4} M$$

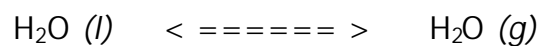
Sehingga dapat ditulis :

$$\frac{(NH_3)_0^2}{(N_2)_0 (H_2)_0^3} = \frac{(1,83 \times 10^{-4})^2}{(0,0711) (9,17 \times 10^{-3})^3} = 0,611 = Q_c$$

Untuk memperjelas tentang terjadinya pergeseran kesetimbangan dapat dilakukan dengan menggunakan azas Le Chatelier. Dengan menggunakan *azas Le Chatelier* kita dapat memperkirakan arah pergeseran kesetimbangan jika ada pengaruh dari luar sistem

AZAS LE CHATELIER

Secara mikroskopik sistem kesetimbangan umumnya peka terhadap gangguan dari lingkungan. Andaikan sistem yang kita perhatikan adalah kesetimbangan air-uap, air dalam silinder. Jika volume sistem diperbesar (tekanan dikurangi) maka sistem berupaya mengadakan perubahan sedemikian rupa sehingga mengembalikan tekanan ke keadaan semula, yakni dengan menambah jumlah molekul yang pindah ke fasa uap. Setelah kesetimbangan baru dicapai lagi, air yang ada lebih sedikit dan uap air terdapat lebih banyak dari pada keadaan kesetimbangan pertama tadi. Jika kesetimbangan itu ditulis dalam persamaan reaksi :



Maka kesetimbangan dapat dinyatakan "*bergeser ke kanan*"

Pergeseran kesetimbangan dapat dipengaruhi oleh faktor luar seperti suhu, tekanan, dan konsentrasi.

Bagaimanakah kita menjelaskan pengaruh dari berbagai faktor itu ?

Mengapa kesetimbangan $\text{N}_2(g) + 3\text{H}_2(g) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(g)$, $\Delta H = -92,2 \text{ kJ}$; bergeser ke kiri ketika suhunya dinaikkan, tetapi bergeser ke kanan ketika tekanannya diperbesar ?

Henri Louis Le Chatelier (1884) berhasil menyimpulkan pengaruh faktor luar terhadap kesetimbangan dalam suatu azas yang dikenal dengan azas Le Chatelier sebagai berikut:

" Bila terhadap suatu kesetimbangan dilakukan suatu tindakan (aksi), maka sistem itu akan mengadakan reaksi yang cenderung mengurangi pengaruh aksi tersebut. "

Secara singkat, azas Le Chatelier dapat dinyatakan sebagai:

Reaksi = - Aksi

Artinya : Bila pada sistem kesetimbangan dinamik terdapat gangguan dari luar sehingga kesetimbangan dalam keadaan terganggu atau rusak maka sistem akan berubah sedemikian rupa sehingga gangguan itu berkurang dan bila mungkin akan kembali ke keadaan setimbang lagi.

Cara sistem bereaksi adalah dengan melakukan pergeseran ke kiri atau ke kanan.

FAKTOR–FAKTOR YANG MEMPENGARUHI PERGESERAN KESETIMBANGAN

Pergeseran kesetimbangan dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor antara lain temperatur, konsentrasi, tekanan dan volume, penambahan zat lain. Namun dalam sub bab ini akan lebih difokuskan pada tiga faktor saja yaitu pengaruh temperatur, pengaruh konsentrasi, pengaruh tekanan dan volume.

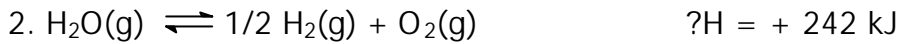
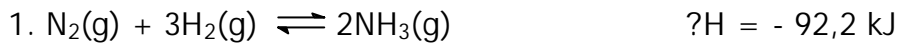
Apakah perlu dilakukan penambahan atau penurunan temperatur agar hasil suatu reaksi menjadi lebih besar ? Untuk meramalkan adanya gangguan luar yang dapat mempengaruhi letak kesetimbangan suatu reaksi, marilah kita kaji bagaimana penerapan azas Le Chatelier terhadap pengaruh atau gangguan dari luar tersebut sehingga dapat terjadi pergeseran kesetimbangan.

☞ Pengaruh temperatur

Sesuai dengan azas Le Chatelier, jika suhu atau temperatur suatu sistem kesetimbangan dinaikkan, maka reaksi sistem menurunkan temperatur, kesetimbangan akan bergeser ke pihak reaksi yang menyerap kalor (ke pihak reaksi endoterm). Sebaliknya jika suhu diturunkan, maka kesetimbangan akan bergeser ke pihak reaksi eksoterm.

Perhatikanlah contoh berikut.

Ditentukan reaksi kesetimbangan :



Ke arah manakah kesetimbangan bergeser jika temperatur dinaikkan ?

Jawab :

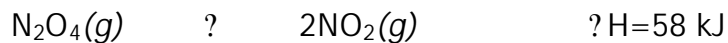
Pada kenaikan temperatur, kesetimbangan bergeser ke pihak reaksi endoterm :

Pada kesetimbangan (1), reaksi bergeser ke kiri.

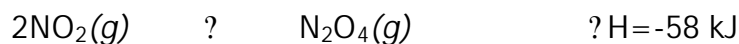
Pada kesetimbangan (2), reaksi bergeser ke kanan.

Perubahan konsentrasi, tekanan atau volume akan menyebabkan pergeseran reaksi tetapi tidak akan merubah nilai tetapan kesetimbangan. Hanya perubahan temperatur yang dapat menyebabkan perubahan tetapan kesetimbangan.

Reaksi Pembentukan NO_2 dari N_2O_4 adalah proses endotermik, seperti terlihat pada persamaan reaksi berikut :



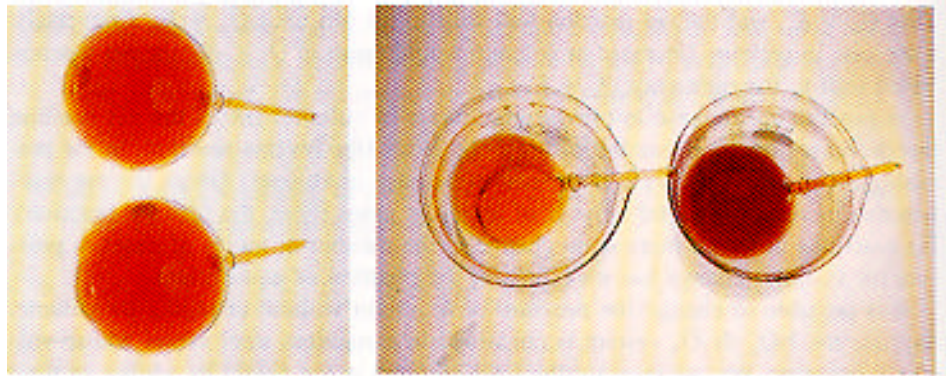
Dan reaksi sebaliknya adalah reaksi eksotermik



Perhatikan percobaan dalam **Gambar 5** berikut:

Jika temperatur dinaikkan, maka pada proses endotermik akan menyerap panas dari lingkungan sehingga membentuk molekul NO_2 dari N_2O_4 .

Kesimpulannya, kenaikan temperatur akan menyebabkan reaksi bergeser kearah reaksi endotermik dan sebaliknya penurunan temperatur akan menyebabkan reaksi bergeser kearah reaksi eksotermik.



Gambar 5 (a) Dua tabung mengandung campuran gas NO_2 dan N_2O_4 pada saat setimbang. (b) Ketika salah satu tabung dimasukkan pada air dingin (kiri) warna menjadi bertambah terang, menunjukkan terbentuknya gas N_2O_4 yang tidak berwarna. Ketika tabung yang lain dimasukkan pada air panas (kanan), warnanya menjadi gelap, menunjukkan kenaikan konsentrasi NO_2 .

☞ Pengaruh konsentrasi

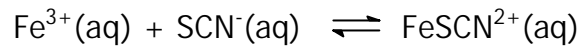
Sesuai dengan azas Le Chatelier (Reaksi = - aksi) , jika konsentrasi salah satu komponen tersebut diperbesar, maka reaksi sistem akan mengurangi komponen tersebut. Sebaliknya, jika konsentrasi salah satu komponen diperkecil, maka reaksi sistem adalah menambah komponen itu. Oleh karena itu, pengaruh konsentrasi terhadap kesetimbangan berlangsung sebagaimana yang digambar pada tabel 1 berikut

Tabel 1 Pengaruh Konsentrasi Terhadap Kesetimbangan

No	Aksi	Reaksi	Cara sistem bereaksi
1	Menambah konsentrasi pereaksi	Mengurangi konsentrasi pereaksi	Bergeser ke kanan
2	Mengurangi konsentrasi pereaksi	Menambah konsentrasi pereaksi	Bergeser ke kiri
3	Memperbesar konsentrasi produk	Mengurangi konsentrasi produk	Bergeser ke kiri
4	Mengurangi konsentrsai produk	Memperbesar konsentrasi produk	Bergeser ke kanan
5	Mengurangi konsentrasi total	Memperbesar konsentrasi total	Bergeser ke arah yang jumlah molekul terbesar

Contoh :

Ion besi (III) (Fe^{3+}) berwarna kuning jingga bereaksi dengan ion tiosianat (SCN^-) tidak berwarna membentuk ion tisianobesi (III) yang berwarna merah darah menurut reaksi kesetimbangan berikut :



Kuning-jingga tidak berwarna merah-darah

Ke arah manakah kesetimbangan bergeser dan bagaimanakah perubahan warna campuran jika :

1. ditambah larutan FeCl_3 (ion Fe^{3+})
2. ditambah larutan KSCN (ion SCN^-)
3. ditambah larutan NaOH (ion OH^-)
4. Larutan diencerkan

Jawab :

Azas Le Chatelier : Reaksi = - Aksi

1. Ditambah larutan FeCl_3 (ion Fe^{3+})

Aksi : menambah ion Fe^{3+}

Reaksi : mengurangi ion Fe^{3+}

Kesetimbangan : bergeser ke kanan

Perubahan warna: bertambah merah (karena ion FeSCN^{2+} bertambah)

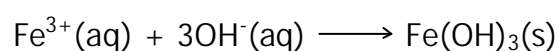
2. Aksi : menambah ion SCN^-

Reaksi : mengurangi ion SCN^-

Kesetimbangan : bergeser ke kanan

Perubahan warna : bertambah merah (karena ion FeSCN^{2+} bertambah)

3. Aksi : menambah ion OH^- . Ion ini akan mengikat ion Fe^{3+} membentuk $\text{Fe}(\text{OH})_3$ yang sukar larut.



Jadi, penambahan ion OH^- sama dengan mengurangi ion Fe^{3+} .

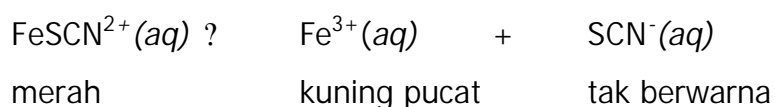
4. Aksi : mengencerkan (memperbesar volume), memperkecil konsentrasi (jarak antar partikel dalam larutan makin renggang).

Reaksi : memperbesar konsentrasi (menambah jumlah partikel)

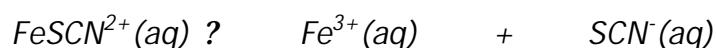
Kesetimbangan : bergeser ke kiri, ke arah yang jumlah partikelnya lebih besar (setiap ion FeSCN^{2+} dapat pecah menjadi dua ion, yaitu Fe^{3+} dan SCN^-).

Perubahan warna : memudar (karena ion FeSCN^{2+} berkurang)

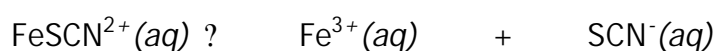
Gejala perubahan konsentrasi dapat diperhatikan $[\text{Fe}(\text{SCN})_3]$ dalam air berwarna merah. Warna merah menunjukkan adanya ion FeSCN^{2+} . Sehingga kesetimbangan yang terjadi adalah:



Jika ditambahkan NaSCN pada larutan maka konsentrasi dari SCN^- akan bertambah. Akibatnya ion Fe^{3+} akan bereaksi dengan ion SCN^- dengan persamaan :

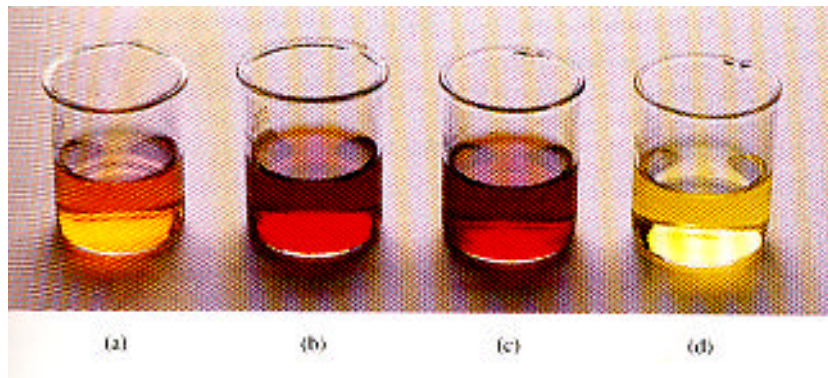


Akibatnya warna merah dalam larutan akan bertambah tua. Jika ditambah $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ pada larutan awal ion $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ akan berikatan dengan Fe^{3+} . Akibatnya ion Fe^{3+} akan membentuk ion $\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_3^{3-}$ yang dapat dilihat dari warna kuning dalam larutan. Persamaan yang terjadi adalah:



Efek perubahan konsentrasi pada kesetimbangan dapat dilihat pada **Gambar 6**.

Dari eksperimen tersebut diatas dapat ditarik simpulan bahwa kesetimbangan reaktan dan produk terdapat dalam sistem, kenaikan konsentrasi produk akan menyebabkan kesetimbangan bergeser kearah kiri dan penurunan konsentrasi produk akan menyebabkan kesetimbangan bergeser ke arah kanan



Gambar 6. Efek perubahan konsentrasi pada kesetimbangan. (a) larutan $\text{Fe}(\text{SCN})_3$. Warna larutan antara merah FeSCN^+ dan kuning Fe^{3+} . (b) Setelah penambahan NaSCN kesetimbangan bergeser ke kiri. (c) Setelah penambahan $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$, kesetimbangan bergeser ke kiri. (d) Setelah penambahan $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$, kesetimbangan bergeser ke kanan. Warna kuning karena adanya ion $\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_3^{3-}$.

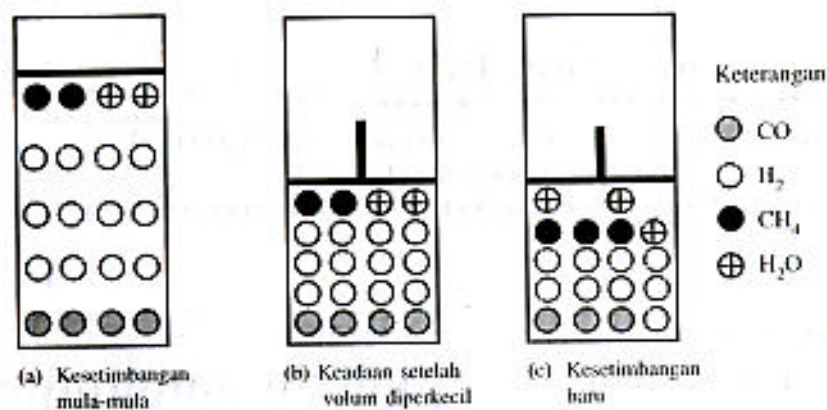
Pengaruh tekanan dan volume

Penambahan tekanan dengan cara memperkecil volume akan memperbesar konsentrasi semua komponen. Sesuai dengan azas Le Chatelier, maka sistem akan bereaksi dengan mengurangi tekanan. Sebagaimana anda ketahui, tekanan gas bergantung pada jumlah molekul dan tidak bergantung pada jenis gas.

Oleh karena itu, untuk mengurangi tekanan maka reaksi kesetimbangan akan bergeser ke arah yang jumlah koefisiennya lebih kecil. Sebaliknya,

jika tekanan dikurangi dengan cara memperbesar volume, maka sistem akan bereaksi dengan menambah tekanan dengan cara menambah jumlah molekul. Reaksi akan bergeser ke arah yang jumlah koefisiennya lebih besar.

Pengaruh penambahan tekanan (dengan cara memperkecil volume) pada kesetimbangan reaksi : $\text{CO} + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_4(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ diberikan pada **Gambar 7** berikut.



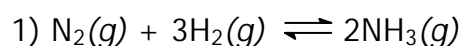
Gambar 7. Pengaruh tekanan terhadap kesetimbangan $\text{CO}(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_4(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$

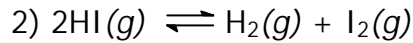
Penambahan tekanan menggeser kesetimbangan ke kanan, ke arah reaksi yang jumlah koefisiennya terkecil, dengan tekanan akan berkurang.

Ketika volume diperkecil maka konsentrasi (rapatan) bertambah dan menyebabkan pertambahan tekanan. Akibatnya, reaksi bergeser ke kanan untuk mengurangi tekanan. Satu molekul CH_4 dan 1 molekul H_2O (4 molekul pereaksi hanya menghasilkan 2 molekul produk). Dengan berkurangnya jumlah molekul, maka tekanan akan berkurang.

Contoh :

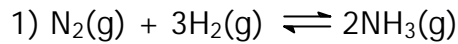
Ditentukan kesetimbangan :



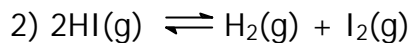


Ke arah manakah kesetimbangan bergeser jika tekanan diperbesar ?

Jawab :



Kesetimbangan akan bergeser ke kanan, karena jumlah koefisien di ruas kanan (= 2) lebih kecil daripada di ruas kiri (= 4).



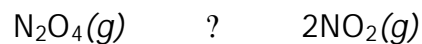
Kesetimbangan tidak bergeser karena jumlah koefisien gas pada kedua ruas sama (= 4).

Untuk memperjelas pengaruh tekanan dan volume, perhatikan persamaan gas berikut :

$$PV = nRT$$

$$P = \frac{n}{V} RT$$

dapat dilihat bahwa P dan V berhubungan dengan saling terbalik. Semakin besar tekanan maka volumenya akan semakin kecil. Dan sebaliknya. Jika terdapat kesetimbangan sistem



Apa yang terjadi jika kita naikkan tekanan gasnya? Karena konsentrasi NO_2 dikuadratkan maka kenaikan tekanan akan menyebabkan kenaikan nilai Q_c .

Karena $Q_c > K_c$ maka reaksi akan bergeser ke arah kiri. Dan sebaliknya penurunan tekanan (kenaikan volume) akan menyebabkan $Q_c < K_c$ sehingga reaksi akan bergeser ke arah kanan.

Berdasarkan uraian tersebut diatas, menunjukkan bahwa kenaikan tekanan menyebabkan reaksi bergeser ke arah total mol gas yang kecil dan sebaliknya penurunan tekanan akan menyebabkan reaksi bergeser ke arah total mol gas yang besar. Untuk reaksi yang tidak mempunyai selisih jumlah mol gas perubahan tekanan atau volume tidak akan menyebabkan perubahan dalam kesetimbangan.

c. Rangkuman

Pergeseran kesetimbangan dapat dilakukan dengan menggunakan azas Le Chatelier. Secara singkat, azas Le Chatelier dapat dinyatakan sebagai “ **Reaksi = - Aksi** ”.

Pergeseran kesetimbangan suatu reaksi harus berlangsung ke arah kanan atau ke kiri sampai mencapai kesetimbangan. Arah reaksi dapat ditentukan dengan memeriksa nilai *kuotion reaksi* (Q_c). Kuotion reaksi adalah nisbah konsentrasi yang bentuknya sama dengan persamaan K_c .

Untuk menentukan arah reaksi dalam mencapai kesetimbangan kita dapat membandingkan nilai Q_c dan K_c .

Jika $Q_c < K_c$ berarti reaksi bersih berlangsung ke kanan sampai $Q_c = K_c$.

Jika $Q_c > K_c$ berarti reaksi bersih berlangsung ke kiri sampai $Q_c = K_c$.

Jika $Q_c = K_c$ berarti campuran seimbang.

Bila pada sistem kesetimbangan dinamik ada gangguan dari luar, maka sistem akan berubah sedemikian rupa sehingga gangguan itu berkurang dan bila mungkin akan kembali ke keadaan setimbang lagi. Dengan menggunakan azas Le Chatelier kita dapat memperkirakan arah pergeseran kesetimbangan jika ada pengaruh dari luar sistem. Cara sistem bereaksi adalah dengan melakukan pergeseran ke kiri atau ke kanan.

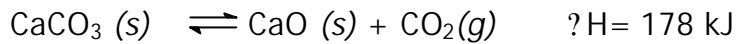
Perubahan konsentrasi, tekanan atau volume akan menyebabkan pergeseran reaksi tetapi tidak akan merubah nilai tetapan kesetimbangan. Hanya perubahan temperatur yang dapat menyebabkan perubahan tetapan kesetimbangan.

d. Tugas

1. Jelaskan bagaimana pengaruh aksi (tindakan) berikut terhadap kesetimbangan?
 - a. Meningkatkan temperatur
 - b. Menambah salah satu zat pereaksi
 - c. Mengurangi salah satu produk

d. Memperbesar tekanan dengan memperkecil volume

2. Pada reaksi kesetimbangan :



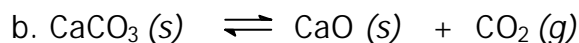
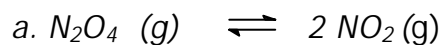
- Adakah pengaruhnya terhadap kesetimbangan, jika pada suhu tetap ditambahkan $\text{CaCO}_3(s)$?
- Cara apa yang dapat digunakan agar kesetimbangan bergeser ke arah kanan ?

3. Nitrogen bereaksi dengan hidrogen membentuk amonia menurut reaksi kesetimbangan :



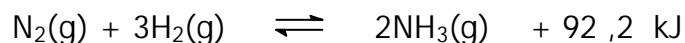
Berdasarkan pemahaman terhadap azas Le Chatelier, kearah manakah kesetimbangan bergeser jika :

- ditambah nitrogen
 - amonia dikurangi
 - volume ruangan diperbesar
4. Tentukan ke arah manakah masing-masing kesetimbangan berikut akan bergeser jika tekanan *diperbesar (dengan memperkecil volume)*?

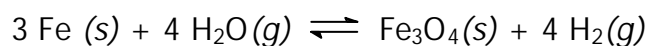


e. Tes Formatif

1. Tentukan reaksi berikut apakah termasuk reaksi eksoterm atau endoterm ?

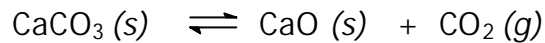


2. Diketahui reaksi kesetimbangan :



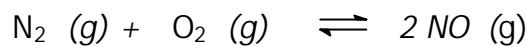
- Kearah manakah kesetimbangan bergeser jika pada suhu tetap volume campuran diperkecil ?
- Bagaimana pengaruh aksi tersebut terhadap konsentrasi H_2 ?

3. Ditentukan reaksi kesetimbangan :



Kearah manakah kesetimbangan bergeser jika :

- a. ditambah CaCO_3
 - b. dikurangi CaO
 - c. Volume campuran diperkecil
4. Nitrogen oksida (NO) yang terdapat dalam asap kendaraan bermotor berasal dari reaksi berikut ini :



Reaksi tersebut semakin sempurna pada suhu tinggi. Apakah reaksi endoterm atau eksoterm , jelaskan jawaban anda?

f. Kunci Jawaban

1. Reaksi eksoterm
2. a. Reaksi kearah yang jumlah koefisien terkecil, koefisien komponen padat dan cair tidak diperhitungkan , maka kesetimbangan tidak bergeser.
b. Jumlah mol H_2 tidak berubah, tetapi volume ruangan makin kecil, akibatnya konsentrasi (n/V) akan bertambah (demikian konsentrasi H_2O akan bertambah)
3. a. Ke arah kanan (produk)
b. ke arah kiri (reaktan)
c. ke arah jumlah koefisien yang terkecil
4. Reaksi endoterm, karena menyerap panas

g. Lembar Kerja :

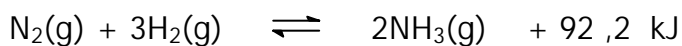
Kegiatan Percobaan : Pengaruh suhu terhadap reaksi kesetimbangan

Perhatikan data pada tabel berikut :

Temperatur (^o C)	Hasil NH ₃ (%)						
	10 atm	30 atm	50 atm	100 atm	300 atm	600 atm	1.000 atm
200	50,7	67,6	74,4	81,5	90,0	95,4	98,3
300	14,7	50,3	39,4	52,0	71,0	84,2	92,6
400	3,9	10,2	16,3	25,1	47,0	65,2	79,8
500	1,2	3,5	5,6	10,6	26,4	42,2	57,5
600	0,5	1,4	2,3	4,5	13,8	23,1	31,4
700	0,2	0,7	1,1	2,2	7,3	12,6	12,9

Perhatikan data pada kolom pertama (tekanan 10 atm). data menunjukkan bahwa penambahan temperatur pada tekanan konstan (10 atm) mengurangi rendemen NH₃. Jadi dapat disimpulkan bahwa penambahan suhu pada tekanan tetap sebesar 10 atm akan menggeser kesetimbangan ke kiri. Periksalah pengaruh suhu pada tekanan lainnya ?

Kemudian simpulkan pengaruh temperatur dan tekanan terhadap kesetimbangan:



3. Kegiatan Belajar 3

a. Tujuan kegiatan pembelajaran

1. Menjelaskan pengertian tentang tetapan kesetimbangan.
2. Menjelaskan persamaan tetapan kesetimbangan.
3. Menjelaskan tentang kesetimbangan pada tekanan parsial.

b. Uraian materi

TETAPAN KESETIMBANGAN (K)

Secara umum persamaan reaksi kesetimbangan atau reaksi bolak-balik dapat dinyatakan :



dimana a, b, c, dan d adalah koefisien stokiometri dari A, B, C, dan D. Tetapan kesetimbangan (K) untuk reaksi tersebut pada suhu tertentu dapat dinyatakan :

$$K = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$$

Berdasarkan persamaan reaksi tersebut di atas, nilai K sebagai ungkapan keadaan kesetimbangan disebut juga " PERBANDINGAN KONSENTRASI "

yang dinyatakan dengan lambang Q (berasal dari quosien reaksi)

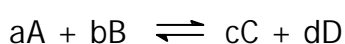
$$Q = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$$

Lambang Q digunakan untuk nilai perbandingan konsentrasi (quosien konsentrasi) pada setiap keadaan. Nilai perbandingan konsentrasi Q, untuk reaksi kesetimbangan disebut "TETAPAN KESETIMBANGAN "dengan lambang K.

Dalam sistem pada kesetimbangan, dapat dinyatakan $Q = K$

Dalam sistem bukan kesetimbangan, dapat dinyatakan $Q \neq K$

Jadi tetapan kesetimbangan untuk reaksi,



$$K = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$$

Besarnya tetapan kesetimbangan suatu reaksi pada temperatur tertentu hanya dapat ditentukan dengan data eksperimen dan tidak dapat diramalkan dari persamaan reaksi. Keteraturan yang diperoleh dari data eksperimen tentang sistem kesetimbangan dikenal dengan "*hukum kesetimbangan*". Ada dua cara, yaitu pertama menggunakan energi bebas standar reaksi dan kedua dengan pengukuran langsung konsentrasi kesetimbangan yang dapat disubstitusikan ke dalam ungkapan aksi massa.

Komposisi kesetimbangan dapat berubah bergantung pada kondisi reaksi. Akan tetapi, pada tahun 1864 **Cato Maximillian Gulberg** dan **Peter Wage** menemukan adanya suatu hubungan yang tetap antara konsentrasi komponen dalam kesetimbangan. Hubungan yang tetap ini disebut *Hukum Kesetimbangan* atau *Hukum Aksi Massa*.

Harga tetapan kesetimbangan sangat berguna baik secara kuantitatif maupun kualitatif. *Secara kuantitatif*, memungkinkan untuk digunakan untuk menghitung konsentrasi pereaksi dan atau hasil reaksi dalam sistem kesetimbangan, sedang *secara kualitatif*, dapat memberikan informasi tentang sejauh mana reaksi berlangsung ke arah reaksi sempurna.

Misal : $A \rightleftharpoons B$ diperoleh $(B)/(A) = K_c$ dan diketahui $K_c = 10$

Berarti : $(B)/(A) = K_c = 10 / 1$.

Jadi dapat dikatakan bahwa pada kesetimbangan ini, konsentrasi B = 10 kali lebih besar dari pada konsentrasi A atau kedudukan kesetimbangan terletak ke arah hasil reaksi B. Sebaliknya bila $K_c = 0,1 = 1/10$, berarti $(B)/(A) = 1/10$. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa pada kesetimbangan ini, konsentrasi A sama dengan 10 kali lebih besar dari pada konsentrasi B atau kedudukan kesetimbangan terletak ke arah pereaksi A.

Tetapan kesetimbangan berubah jika temperatur berubah. Pada temperatur tertentu, mungkin terdapat banyak campuran reaksi, setiap reaksi mempunyai konsentrasi pereaksi yang berbeda dalam keadaan kesetimbangan.



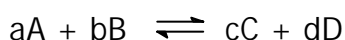
Berdasarkan eksperimen diperoleh data sebagai berikut :

Tabel 3: Pengaruh konsentrasi Pereaksi dalam Kesetimbangan

Ekperimen	$[\text{PCl}_5]$	$[\text{PCl}_3]$	$[\text{Cl}_2]$
1	0,0023	0,23	0,055
2	0,010	0,15	0,37
3	0,085	0,99	0,47
4	1,00	3,66	1,50

K_c rata-rata = 5,5

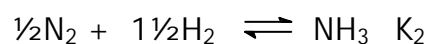
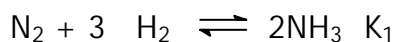
Pada prinsipnya untuk reaksi kesetimbangan :



Hukum kesetimbangan selalu berlaku apakah dimulai dari campuran A dan B, dari campuran C dan D, atau A, B, C, dan D.

Suatu reaksi dapat dinyatakan lebih dari satu persamaan, besarnya tetapan kesetimbangan bergantung pada persamaan reaksi. Dengan demikian persamaan reaksi harus diketahui untuk menyatakan tetapan kesetimbangan.

Misalnya,



Secara garis besar umum tentang tetapan kesetimbangan dapat diungkapkan bahwa:

“Jika harga K besar, berarti kedudukan kesetimbangan jauh di sebelah kanan, sebaliknya jika harga K kecil berarti hanya sejumlah kecil hasil reaksi yang ada dalam kesetimbangan”.

Contoh :

Untuk reaksi : $\text{H}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{HCl}(\text{g})$, $K_c = 4,4 \times 10^{-32}$ pada 25°C .

Apakah arti ungkapan tetapan kesetimbangan ini ?

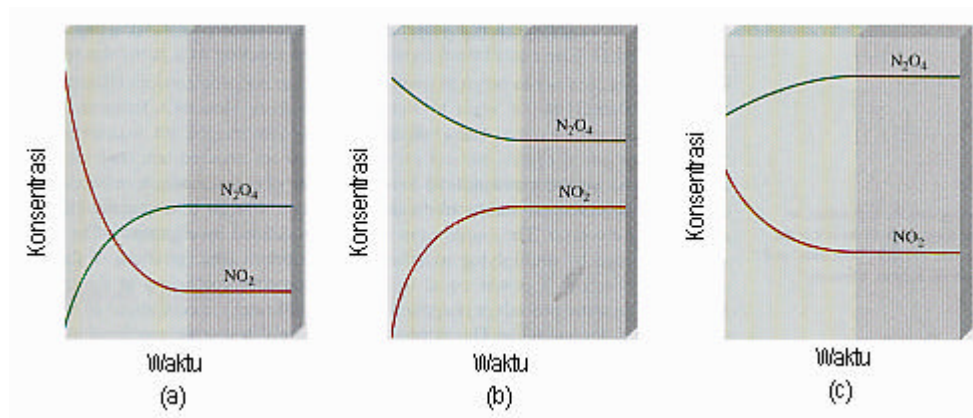
Jawab :

Harga K_c yang sangat besar ini menunjukkan bahwa reaksi pada kesetimbangan akan berjalan jauh ke arah sempurna. Bila masing – masing 1 mol H_2 dan Cl_2 bereaksi, maka hanya sejumlah kecil H_2 dan Cl_2 yang tidak bereaksi dalam kesetimbangan.

Untuk memahami lebih lanjut tentang konsep tetapan kesetimbangan reaksi, perhatikan tabel xx dan **Gambar 8**

Tabel 4. Sistem $\text{NO}_2\text{-N}_2\text{O}_4$ pada 25°C

Konsentrasi Awal (M)		Konsentrasi pada Setimbang (M)		Rasio Konsentrasi pada Setimbang	
$[\text{NO}_2]$	$[\text{N}_2\text{O}_4]$	$[\text{NO}_2]$	$[\text{N}_2\text{O}_4]$	$\frac{[\text{NO}_2]}{[\text{N}_2\text{O}_4]}$	$\frac{[\text{NO}_2]^2}{[\text{N}_2\text{O}_4]}$
0,00	0,670	0,0547	0,643	0,0851	$4,65 \times 10^{-3}$
0,05	0,446	0,0457	0,448	0,1020	$4,66 \times 10^{-3}$
0,03	0,500	0,0475	0,491	0,0967	$4,60 \times 10^{-3}$
0,04	0,600	0,0523	0,594	0,0880	$4,60 \times 10^{-3}$
0,20	0,000	0,0204	0,0898	0,2270	$4,63 \times 10^{-3}$



Gambar 8. Perubahan konsentrasi NO_2 dan N_2O_4 tiap waktu pada 3 keadaan. (a) keadaan awal hanya terdapat NO_2 . (b) keadaan awal hanya terdapat N_2O_4 . (c) keadaan awal terdapat campuran NO_2 dan N_2O_4 .

Sehingga jika terdapat reaksi bolak-balik dengan laju reaksi orde satu 1 sebagai berikut :



laju reaksi ke kanan adalah $v_1 = k_1 [\text{A}][\text{B}]^2$

laju reaksi ke kiri adalah $v_2 = k_2 [\text{AB}_2]$

dimana k_1 dan k_2 berturut-turut adalah tetapan arah kanan dan kiri.

Pada keadaan setimbang, maka laju reaksi kedua arah adalah sama.

$$\text{laju 1} \quad = \quad \text{laju 2}$$

$$k_1 [\text{A}][\text{B}]^2 \quad = \quad k_2 [\text{AB}_2]$$

$$\frac{k_1}{k_2} \quad ? \quad K_c \quad ? \quad \frac{[\text{AB}_2]}{[\text{A}][\text{B}]^2}$$

Jika $K=1$ maka kesetimbangan akan bergeser ke arah kanan membentuk produk. Sebaliknya jika $K=1$ maka kesetimbangan akan bergeser ke kiri membentuk reaktan.

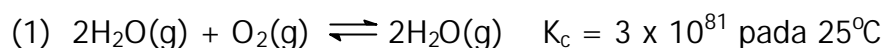
Makna tetapan kesetimbangan bagi suatu reaksi antara lain :

1. Dapat memberi informasi tentang posisi kesetimbangan

Seperti diketahui bahwa K_c atau K_p adalah nisbah konsentrasi atau tekanan parsial pada keadaan setimbang, zat ini di sebelah kanan (produk) menjadi pembilang sedangkan zat di sebelah kiri (pereaksi)

menjadi penyebut. Harga K_c atau K_p yang sangat besar menunjukkan bahwa reaksi ke kanan berlangsung sempurna atau hampir sempurna. Sebaliknya, harga K_c atau K_p yang sangat kecil menunjukkan bahwa reaksi ke kanan tidak berlangsung besar-besaran.

Contoh :



Reaksi ini dapat dianggap berlangsung tuntas ke kanan



Reaksi ini hanya dapat membentuk sedikit sekali NO.

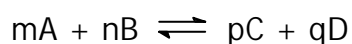
2. Meramalkan arah reaksi

Apabila zat pada ruas kiri dan ruas kanan dari suatu reaksi kesetimbangan dicampurkan dalam suatu wadah reaksi maka sangat mungkin bahwa campuran tidak setimbang. Reaksi harus berlangsung ke kanan atau ke kiri sampai mencapai kesetimbangan.

PERSAMAAN TETAPAN KESETIMBANGAN

Suatu bentuk ungkapan *dari* hukum kesetimbangan kita sebut *persamaan tetapan kesetimbangan*. Persamaan tetapan kesetimbangan disusun sesuai dengan stokiometri reaksi.

Secara umum, untuk reaksi :



persamaan tetapan kesetimbangan dapat dinyatakan sebagai

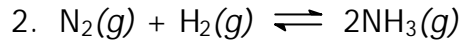
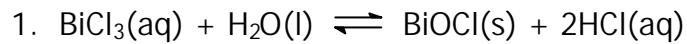
$$K_c = \frac{[\text{C}]^p [\text{D}]^q}{[\text{A}]^m [\text{B}]^n}$$

Karena satuan konsentrasi adalah M, maka satuan $K_c = \text{M}^{(p+q)-(m+n)}$

Pada umumnya persamaan kesetimbangan hanya mengandung komponen yang konsentrasi atau tekanannya berubah selama reaksi berlangsung. Hal seperti itu terjadi pada zat padat murni atau zat cair murni. Oleh karena itu, zat padat murni maupun zat cair murni tidak disertakan dalam persamaan tetapan kesetimbangan.

Perhatikanlah contoh berikut.

Tentukan persamaan tetapan kesetimbangan untuk reaksi berikut ?



Jawab :

1. $K_c = \frac{[\text{HCl}]^2}{[\text{BiCl}_3]}$

2. $K_c = \frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{N}_2][\text{H}_2]^3} \text{ M}^{-2}$

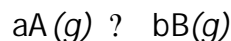
3. $K_c = \frac{[\text{SO}_2][\text{O}_2]^{1/2}}{[\text{SO}_3]} \text{ M}^{1/2}$

$\text{BiOCl}(\text{s})$ dan $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ tidak disertakan dalam persamaan

TETAPAN KESETIMBANGAN PADA TEKANAN PARSIAL (K_p)

Disamping tetapan kesetimbangan yang berdasarkan konsentrasi, tetapan kesetimbangan untuk sistem yang berupa gas juga dapat dinyatakan berdasarkan tekanan parsial gas, Tetapan kesetimbangan yang berdasarkan tekanan parsial disebut *tetapan kesetimbangan tekanan parsial* dan dinyatakan dengan K_p .

Jika terdapat kesetimbangan dalam fasa gas :



dimana a dan b adalah koefisien stokiometri. Maka K_c adalah

$$K_c = \frac{[\text{B}]^b}{[\text{A}]^a}$$

dan K_p adalah

$$K_p = \frac{P_B^b}{P_A^a}$$

dimana P_A dan P_B adalah tekanan parsial dari a dan b. Jika dianggap gas ideal maka $P_A V = n_A RT$

$$P_A = \frac{n_A RT}{V}$$

dimana V adalah volume dalam liter. Juga berlaku

$$P_B V = n_B RT$$

$$P_B = \frac{n_B RT}{V}$$

$$K_p = \frac{\left(\frac{n_B RT}{V}\right)^b}{\left(\frac{n_A RT}{V}\right)^a} = \frac{\left(\frac{n_B}{V}\right)^b}{\left(\frac{n_A}{V}\right)^a} (RT)^{b-a}$$

$\frac{n_A}{V}$ dan $\frac{n_B}{V}$ dapat diganti dengan $[A]$ dan $[B]$, sehingga

$$K_p = \frac{[B]^b}{[A]^a} (RT)^{b-a}$$

$$K_p = K_c (RT)^{b-a}$$

dimana $n = b - a$

$n = \text{jumlah mol gas produk} - \text{jumlah mol gas reaktan}$

Sebagaimana telah dicontohkan bahwa pada kesetimbangan heterogen misalnya pada kalsium karbonat yang dipanaskan dalam vesel tertutup dengan persamaan reaksi :



Pada saat setimbang didapat tetapan kesetimbangan :

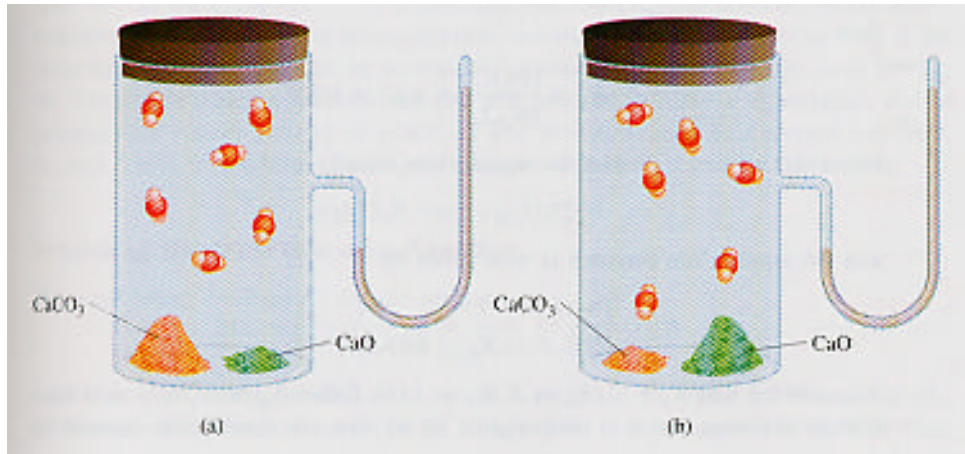
$$K'_c = \frac{[\text{CaO}][\text{CO}_2]}{[\text{CaCO}_3]}$$

$$\frac{[\text{CaCO}_3]}{[\text{CaO}]} K'_c = K_c = [\text{CO}_2]$$

dimana K_c adalah tetapan kesetimbangan baru yang menunjukkan konsentrasi satu zat yaitu CO_2 . Sehingga didapat pula :

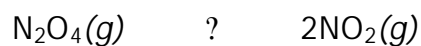
$$K_p = P_{\text{CO}_2}$$

Tetapan kesetimbangan di atas sama dengan tekanan gas CO₂ yang dapat diukur. Perhatikan **Gambar 9**.



Gambar 9. Pada (a) dan (b) tekanan CO₂ pada saat setimbang adalah sama pada temperatur yang sama, dengan mengabaikan perbedaan jumlah CaCO₃ dan CaO.

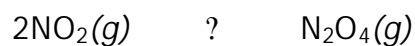
Jika persamaan untuk reaksi bolak-balik ditulis dengan arah sebaliknya, tetapan kesetimbangan menjadi kebalikan dari tetapan kesetimbangan awal. Misalnya pada kesetimbangan NO₂ – N₂O₄ berikut



maka,

$$K_c \quad ? \quad \frac{[\text{NO}_2]^2}{[\text{N}_2\text{O}_4]} \quad ? \quad 4,63 \times 10^{-3}$$

Tapi jika kita tulis kesetimbangan dengan



dan tetapan kesetimbangan didapat dengan :

$$K_c' \quad ? \quad \frac{[\text{N}_2\text{O}_4]}{[\text{NO}_2]^2} \quad ? \quad \frac{1}{K_c} \quad ? \quad \frac{1}{4,63 \times 10^{-3}} \quad ? \quad 216$$

Dari penjabaran di atas dapat dilihat bahwa $K_c \quad ? \quad \frac{1}{K_c'}$ atau $K_c \cdot K_c' \quad ? \quad 1$

Jadi setiap penulisan tetapan kesetimbangan perlu dituliskan pula reaksi kesetimbangannya, karena nilai K tergantung pada bagaimana persamaan reaksinya.

APLIKASI PRINSIP KESETIMBANGAN KIMIA DALAM INDUSTRI

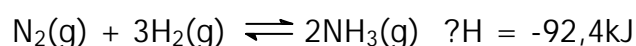
Banyak proses industri zat kimia yang didasarkan pada reaksi kesetimbangan. Agar efisien, kondisi reaksi haruslah diusahakan sedemikian sehingga menggeser kesetimbangan ke arah produk dan meminimalkan reaksi balik. Misalnya:

1. Pembuatan Amonia menurut proses Haber-Bosch

Nitrogen terdapat melimpah di udara, yaitu sekitar 78% volume. Walaupun demikian, senyawa nitrogen tidak terdapat banyak di alam. Satu-satunya sumber alam yang penting ialah NaNO_3 yang disebut Sendawa Chili. Sementara itu, kebutuhan senyawa nitrogen semakin banyak, misalnya untuk industri pupuk, dan bahan peledak. Oleh karena itu, proses sintesis senyawa nitrogen, fiksasi nitrogen buatan, merupakan proses industri yang sangat penting. Metode yang utama adalah mereaksikan nitrogen dengan hidrogen membentuk amonia. Selanjutnya amonia dapat diubah menjadi senyawa nitrogen lain seperti asam nitrat dan garam nitrat.

Dasar teori pembuatan amonia dari nitrogen dan hidrogen ditemukan oleh *Fritz Haber* (1908), seorang ahli kimia dari Jerman. Sedangkan proses industri pembuatan amonia untuk produksi secara besar-besaran ditemukan oleh *Carl Bosch*, seorang insinyur kimia juga dari Jerman.

Persamaan termokimia reaksi sintesis amonia adalah :



Pada 25°C : $K_p = 6,2 \times 10^5$

Berdasarkan prinsip kesetimbangan kondisi yang menguntungkan untuk ketuntasan reaksi ke kanan (pembentukan

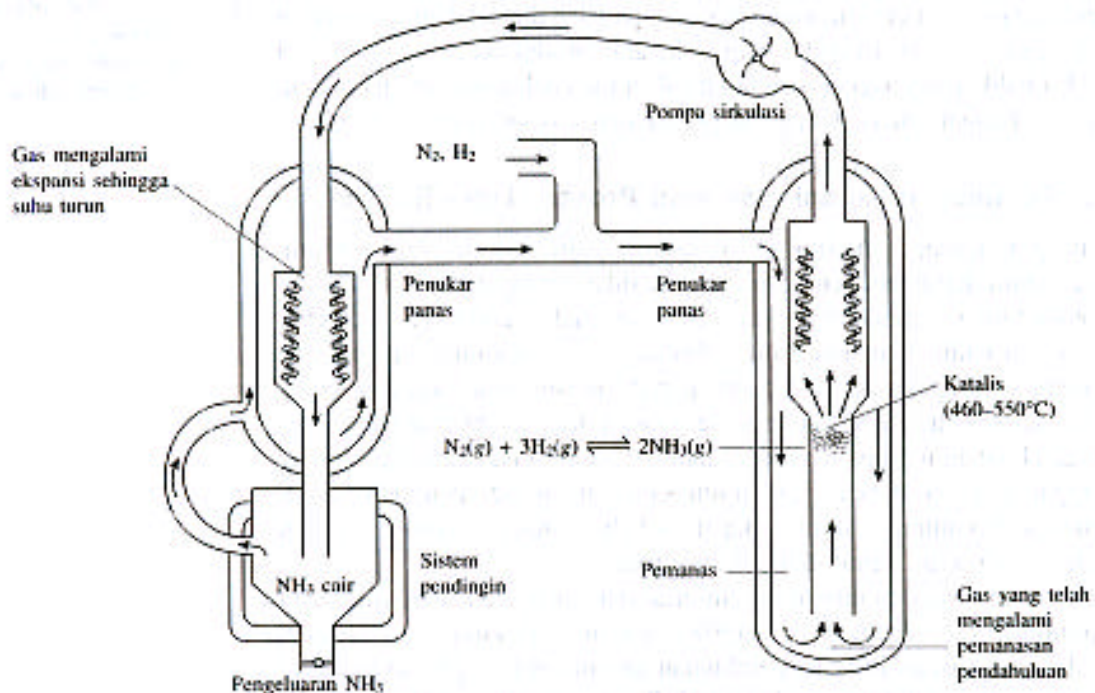
NH_3) adalah suhu rendah dan tekanan tinggi. Akan tetapi, reaksi tersebut berlangsung sangat lambat pada suhu rendah, bahkan pada suhu 500°C sekalipun. Di pihak lain, karena reaksi ke kanan eksoterm, penambahan suhu akan mengurangi rendemen.

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*.

Mula-mula campuran gas nitrogen dan hidrogen dikompresi (dimampatkan) hingga mencapai tekanan yang diinginkan. Kemudian campuran gas dipanaskan dalam suatu ruangan yang bersama katalisator sehingga terbentuk amonia.

Diagram alur dari proses Haber-bosch untuk sintesis amonia diberikan pada **Gambar 10**.

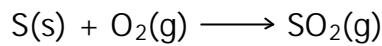


Gambar 10. Skema pembuatan amonia menurut proses Haber-Bosch

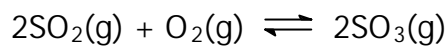
2. Pembuatan Asam Sulfat Menurut Proses Kontak

Industri lainnya yang berdasarkan reaksi kesetimbangan yaitu pembuatan asam sulfat yang dikenal dengan proses kontak. Reaksi yang terjadi dapat diringkas sebagai berikut ;

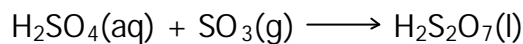
- a. Belerang dibakar dengan udara membentuk belerang dioksida



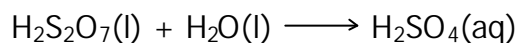
- b. Belerang dioksida dioksidasi lebih lanjut menjadi belerang trioksida.



- c. Belerang trioksida dilarutkan dalam asam sulfat pekat membentuk asam piro-sulfat.

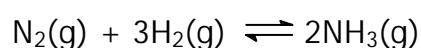


- d. Asam piro-sulfat direaksikan dengan air membentuk asam sulfat pekat.



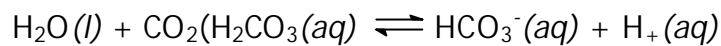
Tahap penting dalam proses ini adalah reaksi (2). Reaksi ini merupakan reaksi kesetimbangan dan eksoterm. Sama seperti pada sintesis amonia, reaksi ini hanya berlangsung baik pada suhu tinggi. Akan tetapi pada suhu tinggi justru kesetimbangan bergeser ke kiri. Pada proses kontak digunakan suhu sekitar 500°C dengan katalisator V_2O_5 . sebenarnya tekanan besar akan menguntungkan produksi SO_3 , tetapi penambahan tekanan ternyata tidak diimbangi penambahan hasil yang memadai. Oleh karena itu, pada proses kontak tidak digunakan tekanan besar melainkan tekanan normal, 1 atm.

Dalam industri kimia, jika campuran reaksi kesetimbangan mencapai kesetimbangan maka produk reaksi tidak bertambah lagi. Akan tetapi produk reaksinya diambil atau disisihkan, maka akan menghasilkan lagi produk reaksi.



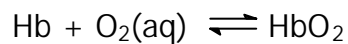
Amonia yang terbentuk dipisahkan dari campuran kesetimbangan dengan cara pencarian dari gas nitrogen di daur ulang ke wadah reaksi untuk menghasilkan produk reaksi.

Banyak proses alamiah dalam kehidupan sehari-hari berkaitan dengan perubahan konsentrasi pada sistem kesetimbangan. pH darah dan jaringan badan kira-kira 7,4 . Harga ini diatur dalam darah berada dalam kesetimbangan dengan ion hidrogen karbonat dan ion hidrogen.



Jika konsentrasi ion hidrogen bertambah, ion-ion ini bereaksi dengan ion hidrogen karbonat. Jika konsentrasi ion hidrogen terlampaui rendah, asam karbonat bereaksi menghasilkan hidrogen.

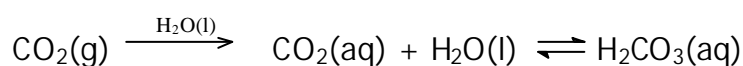
Oksigen diangkut dari paru-paru ke sel badan oleh haemoglobin dalam sel darah merah. Dalam paru-paru, konsentrasi oksigen cukup tinggi dan haemoglobin bereaksi dengan oksigen membentuk oksihemoglobin. Reaksi ini dapat ditulis,



Dalam jaringan tubuh, konsentrasi oksigen rendah, sehingga reaksi sebaliknya yang terjadi, yaitu menghasilkan oksigen untuk digunakan dalam sel tubuh.

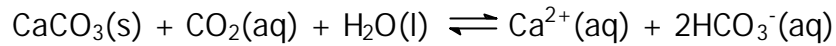
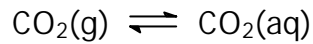
Ketika oksigen diangkut dari paru-paru ke jaringan tubuh, karbon dioksida yang dihasilkan oleh respirasi sel angkut dari jaringan tubuh ke paru-paru.

Dalam jaringan tubuh karbon dioksida yang konsentrasinya relatif tinggi melarut dalam darah bereaksi dengan air membentuk asam karbonat.

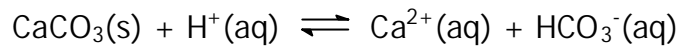
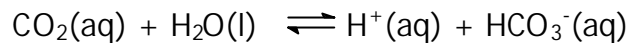


Dalam paru-paru di mana konsentrasi karbon dioksida relatif rendah, reaksi sebaliknya yang terjadi dan karbon dikeluarkan dari darah ke udara.

Batu kapur CaCO_3 tidak melarut dalam air murni, namun melarut dalam air tanah yang mengandung CO_2 terlarut, membentuk kalsium hidrogen karbonat yang melarut.



Reaksi di atas dapat dianggap sebagai jumlah dua reaksi kesetimbangan.



Jika air tanah mengalir melalui daerah berkapur, maka batu kapur melarut. Jika air berjumpa dengan udara yang mengandung sedikit karbondioksida maka karbon dioksida akan dilepaskan dari larutan ke udara, sehingga kalsium karbonat mengendap.

c. Rangkuman

Tetapan kesetimbangan menunjukkan perbandingan komposisi pereaksi dan hasil reaksi dalam keadaan setimbang pada suhu tertentu.

Secara kuantitatif, harga K dapat digunakan untuk menghitung konsentrasi pereaksi dan atau hasil reaksi dalam sistem kesetimbangan, sedang *secara kualitatif*, dapat memberikan informasi tentang sejauh mana reaksi berlangsung kearah reaksi sempurna.

Besarnya tetapan kesetimbangan (K) suatu reaksi pada temperatur tertentu hanya dapat ditentukan dengan eksperimen dan tidak dapat diramal dari persamaan reaksi. Besarnya tetapan kesetimbangan berubah jika temperatur berubah.

Tetapan kesetimbangan untuk sistem kesetimbangan gas (K_p) juga dapat dinyatakan berdasarkan tekanan parsial gas, di samping tetapan kesetimbangan yang berdasarkan konsentrasi (K_x).

Tetapan kesetimbangan yang berdasarkan tekanan parsial disebut *tetapan kesetimbangan tekanan parsial dan dinyatakan dengan K_p* .

Banyak proses industri zat kimia yang didasarkan pada reaksi kesetimbangan. Agar efisien, kondisi reaksi haruslah diusahakan sedemikian sehingga menggeser kesetimbangan ke arah produk dan meminimalkan reaksi balik. Misalnya :

1. Pembuatan Amonia menurut proses Haber-Bosch.
2. Pembuatan Asam Sulfat Menurut Proses Kontak.

d. Tugas

1. Jelaskan apa yang dimaksud dengan :
 - a. Hukum kesetimbangan
 - b. Tetapan kesetimbangan
 - c. Perbandingan konsentrasi
 - d. Persamaan tetapan kesetimbangan
2. Tulislah tetapan kesetimbangan tekanan (K_p) untuk reaksi berikut :
 - a. $3 \text{ Fe (s)} + 4 \text{ H}_2\text{O (g)} \rightleftharpoons \text{Fe}_3\text{O}_4 \text{ (s)} + 4 \text{ H}_2 \text{ (g)}$
 - b. $\text{Na}_2\text{CO}_3 \text{ (s)} + \text{SO}_2 \text{ (g)} + \text{O}_2 \text{ (g)} \rightleftharpoons \text{Na}_2\text{SO}_4 \text{ (s)} + \text{CO}_2 \text{ (g)}$
3. Jelaskan perbedaan tetapan kesetimbangan homogen dan heterogen , beri contoh masing-masing ?
4. Sebutkan manfaat prinsip kesetimbangan untuk industri ?
5. Pada suhu 295 K :



Tekanan parsial tiap gas adalah 0,265 atm. Hitung K_p dan K_c untuk reaksi tersebut.

6. Tetapan kesetimbangan K_p untuk reaksi
$$2\text{NO}_2\text{(g)} \rightleftharpoons 2\text{NO(g)} + \text{O}_2\text{(g)}$$
adalah 158 pada 1000K. Hitung P_{O_2} jika $P_{\text{NO}_2} = 0,4 \text{ atm}$ dan $P_{\text{NO}} = 0,27 \text{ atm}$.
7. Tetapan kesetimbangan K_c untuk reaksi :
$$\text{N}_2\text{O}_4\text{(g)} \rightleftharpoons 2\text{NO}_2\text{(g)}$$
adalah $4,63 \times 10^{-3}$ pada 25°C .
Berapakah nilai K_p pada temperatur tersebut ?

8. Tulislah Kc dan Kp untuk reaksi



e. Tes Formatif

1. Untuk reaksi kesetimbangan berikut :



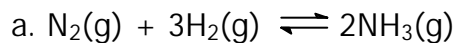
Harga Kc pada $191^\circ\text{C} = 3,26 \times 10^{-2}$ M. Tentukan harga Kp pada suhu tersebut ?

2. Tetapan kesetimbangan Kp untuk reaksi dekomposisi fosforus pentaklorida menjadi fosforus triklorida dan klorin



adalah 1,05 pada 250°C . Jika pada saat kesetimbangan tekanan parsial PCl_5 dan PCl_3 berturut-turut adalah 0,875 atm dan 0,463 atm, berapakah tekanan parsial Cl_2 ?

3. Tulislah persamaan tetapan kesetimbangan (Kc) untuk reaksi berikut:



4. Untuk reaksi : $\text{N}_2(g) + 3\text{H}_2(g) \quad ? \quad 2\text{NH}_3(g)$

Kp adalah $4,3 \times 10^{-4}$ pada 375°C . Hitung Kc.

f. Kunci Jawaban

1. $K_p = K_c (RT)^{\Delta n}$

$$R = 0,08205 \text{ L atm mol}^{-1} \text{ K}$$

$$T = (191 + 273) \text{ K} = 464 \text{ K}$$

$$\Delta n = (1 + 1) - 1 = 1$$

$$\text{Jadi } K_p = 3,26 \times 10^{-2} (0,08205 \times 464) \text{ atm} = 1,24 \text{ atm}$$

$$K_p = \frac{P_{PCl_3} P_{Cl_2}}{P_{PCl_5}}$$

$$2. \quad 1,05 = \frac{(0,463)(P_{Cl_2})}{(0,875)}$$

$$P_{Cl_2} = \frac{(1,05)(0,875)}{(0,463)} = 1,98 \text{ atm}$$

$$3. \quad a. \quad K_p = \frac{(p_{NH_3})^2}{(p_{N_2})(p_{H_2})^3}$$

$$b. \quad K_p = \frac{(p_{SO_2})(p_{O_2})^{\frac{1}{2}}}{(p_{SO_3})}$$

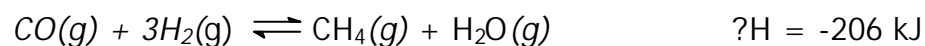
$$4. \text{ Diketahui persamaan } K_c = \frac{K_p}{(0,0821T)^{\Delta n}}$$

karena $T = 375 + 273 = 648 \text{ K}$ dan $\Delta n = 2 - 4 = -2$, didapat :

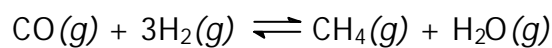
$$K_c = \frac{4,3 \times 10^{24}}{(0,0821 \times 648)^{-2}} = 1,2$$

g. Lembar Kerja

Perhatikanlah Tabel berikut, yang memuat hasil percobaan terhadap reaksi kesetimbangan.



Tabel Susunan kesetimbangan reaksi metanasi katalitik gas karbon monoksida pada suhu 1200 K.



Tabel 5: Susunan Kesetimbangan Reaksi metanasi katalitik gas dan seterusnya.

Konsentrasi awal (M)		Konsentrasi pada keadaan setimbang (M)				$\frac{[\text{CH}_4][\text{H}_2\text{O}]}{[\text{CO}][\text{H}_2]^3}$
[CO]	[H ₂]	[CO]	[H ₂]	[CH ₄]	[H ₂ O]	
0,1000	0,3000	0,0613	0,1839	0,0387	0,0387	3,93
0,2000	0,3000	0,1522	0,1566	0,0478	0,0478	3,91
0,1000	0,4000	0,0479	0,2437	0,0521	0,0521	3,92
0,1000	0,1000	0,0894	0,0683	0,0106	0,0106	3,94

Percobaan dilakukan pada suhu tetap (1200 K) dengan konsentrasi awal pereaksi yang bervariasi. Jelaskan interpretasi anda berdasarkan data tersebut diatas, dan perkirakan nilai tetapan kesetimbangan untuk reaksi tersebut ?

Kunci Lembar kegiatan :

Berdasarkan data tersebut kita dapat melihat bahwa konsentrasi kesetimbangan selalu berubah bergantung pada konsentrasi awal zat yang direaksikan. Akan tetapi, hasil kali konsentrasi setimbang zat yang diruas kanan dibagi dengan hasil kali konsentrasi setimbang zat di ruas kiri, masing-masing dipangkatkan dengan koefisien reaksinya, menghasilkan harga yang tetap (nilai Kc sekitar 3,92).

4. Kegiatan Belajar 4

a. Tujuan kegiatan pembelajaran

1. Menentukan harga tetapan kesetimbangan berdasarkan konsentrasi dan tekanan parsial gas.
2. Menentukan harga tetapan kesetimbangan berdasarkan tekanan parsial gas.

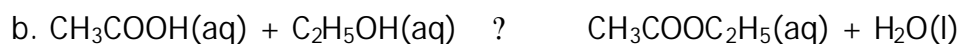
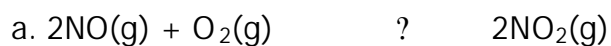
b. Uraian materi

PENENTUAN HARGA TETAPAN KESETIMBANGAN BERDASARKAN KONSENTRASI DAN TEKANAN PARSIAL GAS

Dalam penentuan harga tetapan kesetimbangan berdasarkan konsentrasi dan tekanan parsial gas haruslah mengetahui hubungan kuantitatif antara pereaksi dengan hasil reaksi dari suatu reaksi kesetimbangan.

Contoh:

Tulis K_c dan K_p untuk reaksi dibawah ini



Jawab:

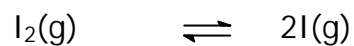
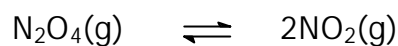
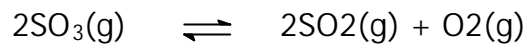
Ingat (1) K_p hanya untuk reaksi gas. (2) konsentrasi pelarut (air) tidak dihitung pada persamaan Tetapan kesetimbangan.

a. $K_c ? \frac{[\text{NO}_2]}{[\text{NO}]^2[\text{O}_2]} \quad K_p ? \frac{P_{\text{NO}_2}^2}{P_{\text{NO}}^2 P_{\text{O}_2}}$

b. $K_c ? \frac{[\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5]}{[\text{CH}_3\text{COOH}][\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}]}$

Disosiasi adalah peruraian suatu zat menjadi zat lain yang lebih sederhana. Disosiasi yang terjadi akibat pemanasan disebut *disosiasi termal*. Disosiasi yang berlangsung dalam ruang tertutup akan berakhir dengan suatu kesetimbangan yang disebut kesetimbangan disosiasi.

Beberapa contoh kesetimbangan disosiasi gas :



Besarnya fraksi yang terdisosiasi dinyatakan oleh *derajat disosiasi* (a), yaitu perbandingan antara jumlah zat yang terdisosiasi dengan jumlah zat mula-mula :

$$a = \frac{\text{jumlah mol zat yang terdisosiasi}}{\text{jumlah mol zat mula-mula}}$$

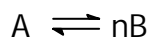
Jika jumlah mol zat mula-mula dinyatakan dengan a, maka

$$a = \frac{\text{jumlah mol zat yang terdisosiasi}}{a}$$

Jadi, jumlah mol zat yang terdisosiasi = aa mol.

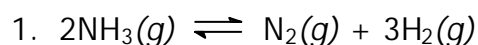
Hubungan kuantitatif mol zat sebelum dan sesudah reaksi dapat digambarkan misalnya pada reaksi disosiasi

Secara umum reaksi disosiasi dapat dinyatakan sebagai berikut :

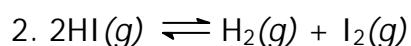


Dengan n = perbandingan antara jumlah koefisien di ruas kanan dengan jumlah koefisien di ruas kiri.

Contoh:



Reaksi ini mempunyai harga n = 2



Reaksi ini mempunyai harga n = 1.

Misal jumlah A mula-mula = a mol dan derajat disosiasi = a, maka jumlah zat A yang terdisosiasi = a x a mol, dan jumlah mol B yang terbentuk = n x aa mol. Susunan kesetimbangan dapat dirumuskan sebagai berikut :

Reaksi	A	\rightleftharpoons	nB
Mula-mula	a mol		-
Reaksi	- aa mol		+ n aa mol
Setimbang	(a-aa)		n aa mol
	mol		

$$\begin{aligned} \text{Jumlah mol zat sesudah reaksi} &= (a-aa) \text{ mol} + n \text{ aa mol} \\ &= a [1 + (n-1)a] \end{aligned}$$

Contoh :

1 mol NH_3 dipanaskan pada tekanan tetap 10 atm hingga 300°C .

Tentukan volume akhir gas tersebut bila,

- gas dianggap tidak mengalami disosiasi
- gas terdisosiasi 25%.

Jawab :

Volume gas dapat dihitung dengan rumus ideal,

$$PV = nRT, \text{ atau } V = \frac{nRT}{P}$$

- Bila gas tidak mengalami disosiasi maka jumlah mol gas tetap 1 mol

$$V = \frac{1 \times 0,08205 \times (273 + 300)}{10} \text{ liter} = 4,7 \text{ liter}$$

- Bila gas terdisosiasi 25% ($a = 0,25$) maka jumlah mol total campuran gas

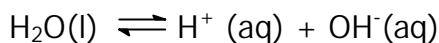
$$\begin{aligned} &= a[1 + (n-1)a] \text{ mol} \\ &= 1[1 + (2-1)0,25] \text{ mol} \\ &= 1,25 \text{ mol} \end{aligned}$$

Jadi, volume gas

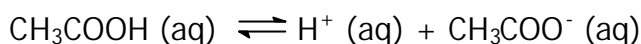
$$V ? \frac{1,25 \times 0,08205 \times (273 ? 300)}{10} \text{ liter } ? 5,88 \text{ liter}$$

Reaksi kimia mencapai kesetimbangan dinamik dengan ciri umum kesetimbangan perubahan fisika.

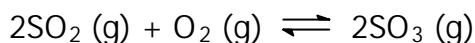
Reaksi kesetimbangan yang terpenting adalah reaksi yang berlangsung dalam air.



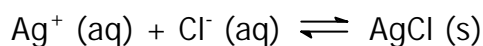
Larutan asam lemah dalam larutan air



Reaksi pembentukan belerang trioksida dari belerang dioksida

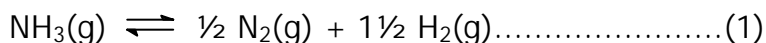


Reaksi pembentukan endapan



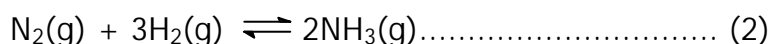
Contoh :

Untuk reaksi



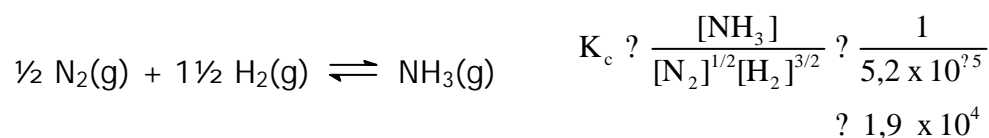
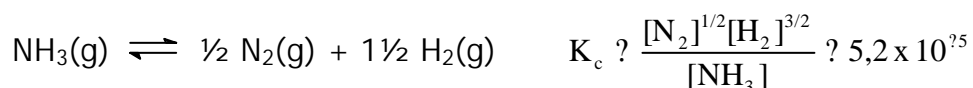
$$K_c = 5,2 \times 10^{-5} \text{ pada } 298 \text{ K.}$$

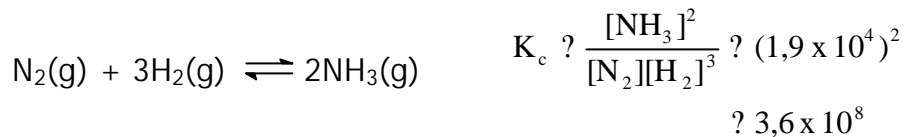
Berapakah harga K_c pada 298 K untuk reaksi berikut



Jawab:

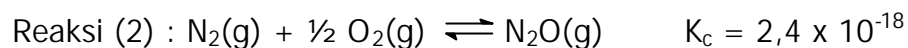
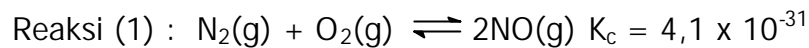
Reaksi (2) adalah kebalikan dari reaksi (1) yang koefisiennya dikalikan dua. Oleh karena itu, harga K_c reaksi (2) merupakan kuadrat dari kebalikan harga K_c reaksi (1).



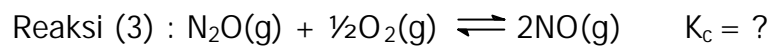


Penggabungan persamaan tetapan kesetimbangan

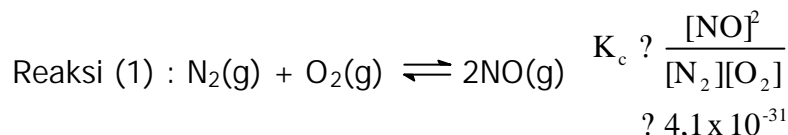
Jika diketahui harga kesetimbangan pada 298 K untuk dua reaksi berikut,



Maka kita dapat menentukan harga tetapan kesetimbangan untuk reaksi berikut :

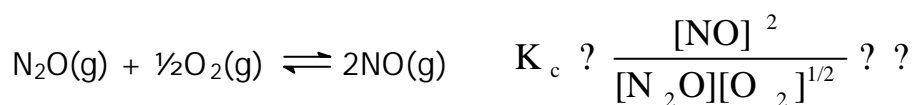
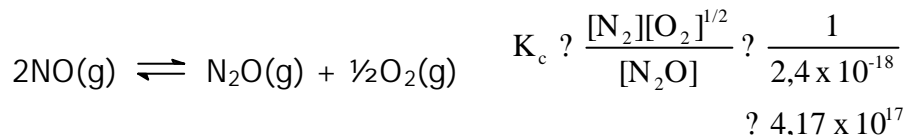


Reaksi (3) adalah penjumlahan dari Reaksi (1) dengan kebalikan dari Reaksi (2):



Kebalikan

Reaksi (2):



Jika persamaan K_c Reaksi (1) dikalikan dengan kebalikan persamaan K_c Reaksi (2) diperoleh persamaan K_c Reaksi (3). Dengan demikian, harga K_c Reaksi (3) dapat ditentukan :

$$\frac{[\text{NO}]^2}{[\text{N}_2][\text{O}_2]} \times \frac{[\text{N}_2][\text{O}_2]^{1/2}}{[\text{N}_2\text{O}]} = \frac{[\text{NO}]^2}{[\text{N}_2\text{O}][\text{O}_2]^{1/2}}$$

Jadi,

$$K_{c(3)} = 4,1 \times 10^{-31} \times 4,17 \times 10^{17} = 1,71 \times 10^{-13}$$

Dari uraian di atas dapat disimpulkan bahwa :

Tetapan kesetimbangan untuk suatu reaksi total adalah hasil kali tetapan kesetimbangan dari reaksi yang digabungkan.

Tekanan parsial gas bergantung pada konsentrasi. Dari persamaan gas ideal, yaitu :

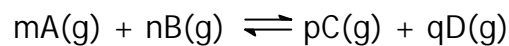
$$PV = nRT$$

Maka tekanan gas

$$P = \frac{n}{V}RT$$

Besaran $\frac{n}{V}$ = konsentrasi gas

Untuk kesetimbangan,



Persamaan K_p adalah

$$K_p = \frac{(p_C)^p (p_D)^q}{(p_A)^m (p_B)^n}$$

Sesuai dengan persamaan

$$p_A = [A]RT; p_C = [C]RT$$

$$p_B = [B]RT; p_D = [D]RT$$

oleh karena itu, persamaan 4.11 dapat dituliskan sebagai berikut :

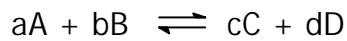
$$\begin{aligned} K_p &= \frac{([C]RT)^p ([D]RT)^q}{([A]RT)^m ([B]RT)^n} \\ &= \frac{[C]^p (RT)^p [D]^q (RT)^q}{[A]^m (RT)^m [B]^n (RT)^n} \\ &= \frac{[C]^p [D]^q (RT)^{(p+q)}}{[A]^m [B]^n (RT)^{(m+n)}} \\ &= K_c (RT)^{(p+q)-(m+n)} \end{aligned}$$

Misal, $\Delta H = (p+q)-(m+n)$,

Maka

$$K_p = K_c (RT)^{\Delta n}$$

Hubungan antara K_p dan K_x



$$K_x = \frac{X_C^c X_D^d}{X_A^a X_B^b}$$

$$K_p = \frac{P_C^c P_D^d}{P_A^a P_B^b}$$

$$P_A = X_A \times P_{\text{tot}}$$

$$P_B = X_B \times P_{\text{tot}}$$

$$P_C = X_C \times P_{\text{tot}}$$

$$P_D = X_D \times P_{\text{tot}}$$

$$K_p = \frac{(X_C P_{\text{tot}})^c (X_D P_{\text{tot}})^d}{(X_A P_{\text{tot}})^a (X_B P_{\text{tot}})^b}$$

$$K_p = \frac{X_C^c X_D^d}{X_A^a X_B^b} \times \frac{P_{\text{tot}}^{c+d}}{P_{\text{tot}}^{a+b}}$$

$$K_p = K_x \times (RT)^{\Delta n}$$

P_{tot} = tekanan total

$$\Delta n = (c+d) - (a+b)$$

= jumlah mol produk - jumlah mol pereaksi

Jika $\Delta n = 0$, yaitu jumlah mol produk sama dengan jumlah mol pereaksi sama, maka :

$$K_p = K_x$$

c. Rangkuman

Dalam penentuan harga tetapan kesetimbangan berdasarkan konsentrasi dan tekanan parsial gas haruslah mengetahui hubungan kuantitatif antara pereaksi dengan hasil reaksi dari suatu reaksi kesetimbangan

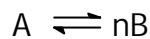
Disosiasi adalah peruraian suatu zat menjadi zat lain yang lebih sederhana. Disosiasi yang terjadi akibat pemanasan disebut *disosiasi*

termal. Disosiasi yang berlangsung dalam ruang tertutup akan berakhir dengan suatu kesetimbangan yang disebut kesetimbangan disosiasi.

Besarnya fraksi yang terdisosiasi dinyatakan oleh *derajat disosiasi* (α), yaitu perbandingan antara jumlah zat yang terdisosiasi dengan jumlah zat mula-mula

Hubungan kuantitatif mol zat sebelum dan sesudah reaksi dapat digambarkan misalnya pada reaksi disosiasi

Secara umum reaksi disosiasi dapat dinyatakan sebagai berikut :



Dengan n = perbandingan antara jumlah koefisien di ruas kanan dengan jumlah koefisien di ruas kiri.

Tekanan parsial gas bergantung pada konsentrasi. Dari persamaan gas ideal, yaitu :

$$PV = nRT$$

Maka tekanan gas

$$P \propto \frac{n}{V}RT$$

Besaran $\frac{n}{V}$ = konsentrasi gas

Hubungan antara K_p dan Konsentrasi zat-zat yang terlibat dalam reaksi dapat dinyatakan :

$$K_p \propto \frac{(p_C)^p (p_D)^q}{(p_A)^m (p_B)^n}$$

Sesuai dengan persamaan

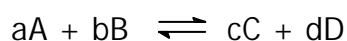
$$p_A = [A]RT; p_C = [C]RT$$

$$p_B = [B]RT; p_D = [D]RT$$

oleh karena itu, persamaan dapat dituliskan sebagai berikut :

$$K_p \propto K_c (RT)^{-n}$$

Sedangkan hubungan antara K_p dan K_x



$$K_x \propto \frac{X_C^c X_D^d}{X_A^a X_B^b}$$

$$K_p = \frac{P_C^c P_D^d}{P_A^a P_B^b}$$

$$P_A = X_A \times P_{\text{tot}}$$

$$P_B = X_B \times P_{\text{tot}}$$

$$P_C = X_C \times P_{\text{tot}}$$

$$P_D = X_D \times P_{\text{tot}}$$

$$K_p = \frac{(X_C P_{\text{tot}})^c (X_D P_{\text{tot}})^d}{(X_A P_{\text{tot}})^a (X_B P_{\text{tot}})^b}$$

$$K_p = \frac{X_C^c X_D^d}{X_A^a X_B^b} \times \frac{P_{\text{tot}}^{c+d}}{P_{\text{tot}}^{a+b}}$$

$$K_p = K_x \times (RT)^{\Delta n}$$

P_{tot} = tekanan total

$$\Delta n = (c+d) - (a+b)$$

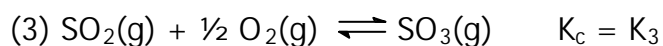
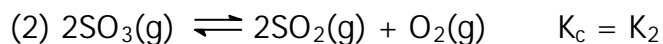
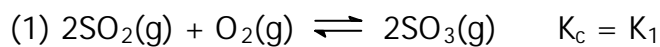
= jumlah mol produk - jumlah mol pereaksi

Jika $\Delta n = 0$, yaitu jumlah mol produk sama dengan jumlah mol pereaksi sama, maka :

$$K_p = K_x$$

d. Tugas

1. Suatu reaksi kesetimbangan yang melibatkan $\text{SO}_2(\text{g})$, $\text{O}_2(\text{g})$, dan $\text{SO}_3(\text{g})$ dapat dinyatakan dengan tiga cara berikut :



Bagaimanakah hubungan antara nilai tetapan kesetimbangan reaksi tersebut diatas ?

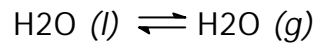
3. Tulislah 1 contoh ungkapan bagi tetapan kesetimbangan (K) :

a. Untuk reaksi kesetimbangan yang dinyatakan dengan tekanan parsial pereaksi dan hasil reaksi

b. Untuk reaksi kesetimbangan yang dinyatakan dengan konsentrasi

e. Tes Formatif

1. Pada perubahan reaksi :



Berapakah harga K_p dan K_c pada 25°C , jika diketahui bahwa tekanan uap air pada temperatur 25°C adalah 23,8 torr.

2. Pada penguraian uap air mempunyai $K_c = 1,1 \times 10^{-81}$ pada 25°C , Jelaskan apa yang dimaksud dengan ungkapan K_c tersebut ?
3. Berdasarkan reaksi kesetimbangan pembuatan amonia diperoleh K_c sebesar $4,1 \times 10^8$, hitunglah konsentrasi NH_3 jika keadaan setimbang konsentrasi H_2 dan N_2 masing-masing adalah 0,01 M?

f. Kunci Jawaban

1. $K_p = 0,0313 \text{ atm}$ dan $K_c = 1,28 \times 10^{-3} \text{ mol/l}$
2. Harga K_c yang kecil menunjukkan bahwa berlangsungnya penguraian hanya sampai pada tingkat yang sangat rendah karena harga K_c , maka konsentrasi hasil reaksi juga sangat kecil.
3. konsentrasi $\text{NH}_3 = 4,1 \times 10^6$

BAB III. EVALUASI

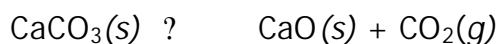
A. Tes Tertulis

1. Untuk reaksi kesetimbangan penguraian :



Pada 25 °C mempunyai harga $K_p = 7,04 \times 10^{-1} \text{ Kpa}^{-1}$. Pada saat kesetimbangan itu tekanan parsial $\text{NO}_2 = 25 \text{ Kpa}$. Berapa tekanan parsial N_2O_4 dalam campuran.?

2. Untuk kesetimbangan heterogen :



pada 800 °C, tekanan CO_2 adalah 0,236 atm. Hitung (a) K_p dan (b) K_c untuk reaksi tersebut.

3. Tetapan kesetimbangan reaksi ; pembentukan Hidrogen Iodida pada 440 °C adalah 49,5, bila 0,2 mol H_2 dan 0,2 mol I_2 ditempatkan dalam ruang sebesar 10 dm³ dan terjadi reaksi pada temperatur tersebut, hitunglah konsentrasi zat-zat yang ada dalam keadaan kesetimbangan.

4. Pada 400 °C $K = 54,5$ dan pada 490 °C harga $K = 45,9$ bagaimana perubahan kesetimbangan reaksi diatas jika ditinjau dari harga K tersebut ?

5. Jelaskan pengaruh dibawah ini terhadap kesetimbangan :

a. temperatur

b. Konsentrasi

c. Tekanan dan volume

B. TES Praktek

1. Pada reaksi kesetimbangan :
 - a. Ambil tabung reaksi kemudian reaksikan larutan FeCl_3 direaksikan dengan KSCN secara perlahan-lahan menurut reaksi :
 - b. Amati perubahan warna yang terjadi :
 - c. Tambahkan salah satu zat pereaksi kedalam tabung reaksi, kemudian amati apa yang terjadi.

Perlu diketahui secara teori dikatakan bahwa Ion Fe (III) jika cukup pekat warna kuning jingga tetapi larutan encer praktis tidak berwarna, larutan SCN^- adalah bening (tidak berwarna). Sedangkan larutan Fe(SCN)^{2+} berwarna merah darah yang sangat tajam

- a. Indikator apa yang dapat digunakan untuk menunjukkan adanya pergeseran kesetimbangan pada reaksi tersebut ?
- b. Dengan perubahan warna larutan menjadi merah, perkirakan arah pergeseran kearah mana ?
- c. Bagaimana jika SCN^- diperbesar, kearah manakah reaksi akan bergeser ?
- d. Bagaimana jika Fe^{3+} diperbesar dan atau diperkecil, kemanakah reaksi akan bergeser ?
- e. Bagaimanakah interpretasi anda jika semua komponen diperkecil, apa yang terjadi ?
- f. Apa kesimpulan anda terhadap pengaruh konsentrasi terhadap kesetimbangan reaksi diatas ?

KUNCI JAWABAN

A. TES TERTULIS

1. Tekanan parsial N_2O_4 adalah 44 Kpa
2. (a). Karena konsentrasi padatan (solid) tidak berpengaruh, maka dapat ditulis :

$$\begin{aligned}K_p &= P_{CO_2} \\ &= 0,236\end{aligned}$$

- (b). Didapat persamaan :

$$K_p = K_c(0,0821T)^{\Delta n}$$

- $T = 800 + 273 = 1073$ K dan $\Delta n = 1$, maka :

$$0,236 = K_c (0,0821 \times 1073)$$

$$K_c = 2,68 \times 10^{-3}$$

3. Konsentrasi zat-zat dalam keadaan kesetimbangan :
konsentrasi Hidrogen = 0,0044 M
konsentrasi Iodin = 0,0044 M
konsentrasi HI = 0,0312 M
4. Pada temperatur 400 OC konsentrasi HI jauh lebih besar dibanding pada temperatur 490 OC, sehingga pada temperatur rendah , konsentrasi HI bertambah maka reaksi bergeser kekanan dan sebaliknya .
5. a. Pengaruh temperatur terhadap kesetimbangan , jika temperatur naik reaksi bergeser kekanan dan bersifat endoterm dan sebaliknya
b. Bila tekanan diperbesar reaksi bergeser kearah jumlah mol gas yang terkecil dari sistem reaksi.
c. Pengurangan konsentrasi pereaksi mengakibatkan reaksi bergeser ke kiri, dan sebaliknya.

B. LEMBAR PENILAIAN TES PRAKTEK

Nama Siswa :
 No. Absen :
 Program Keahlian :

PEDOMAN PENILAIAN

No	Aspek Penilaian	Skor Maks.	Skor Perolehan	Keterangan
1.	Perencanaan a. Persiapan alat dan bahan b. Hasil rancangan eksperimen			
	Sub Total			
2.	Merancang eksperimen a. Rancangan percobaan yang dibuat dapat menguji prediksi b. Rumusan masalah menjelaskan kebutuhan eksperimen c. Metode dan prosedur yang digunakan dalam eksperimen mengikuti urutan tertentu d. Prosedur eksperimen jelas dan komunikatif e. Rancangan tersebut memungkinkan variabel respon dapat diukur dengan tepat. f. Bahasa yang digunakan komunikatif g. Disertai dengan aturan kebersihan dan penanganan keselamatan kerja			
	Sub Total			
3.	Melakukan Pengamatan a. Pengamatan dilakukan dengan aman menggunakan seluruh indera yang sesuai b. Pengamatan akurat secara kualitatif dan kuantitatif c. Alat dan bahan yang sesuai digunakan untuk melakukan pengamatan d. Pendapat pribadi, simpulan atau inferensi dihindari saat melakukan pengamatan e. Data direkam dan diorganisasikan dengan baik			

No	Aspek Penilaian	Skor Maks.	Skor Perolehan	Keterangan
	Sub Total			
4.	Sikap/Etos kerja a. Tanggung jawab b. Ketelitian c. Inisiatif d. Kemandirian			
	Sub Total			
5.	Laporan a. Sistematika penyusunan laporan b. Kelengkapan bukti fisik			
	Sub Total			
	Total			

BAB IV. PENUTUP

Setelah menyelesaikan modul ini, Anda berhak untuk mengikuti tes praktek untuk menguji kompetensi yang telah Anda pelajari. Apabila Anda dinyatakan memenuhi syarat kelulusan dari hasil evaluasi dalam modul ini, maka Anda berhak untuk melanjutkan ke topik/modul berikutnya.

Mintalah pada guru untuk melakukan uji kompetensi dengan sistem penilaian yang dilakukan langsung oleh pihak laboratorium atau lembaga yang berkompeten apabila Anda telah menyelesaikan seluruh evaluasi dari setiap modul, maka hasil yang berupa nilai dari guru atau berupa portofolio dapat dijadikan bahan verifikasi oleh pihak laboratorium atau lembaga profesi yang terkait. Kemudian selanjutnya hasil tersebut dapat dijadikan sebagai penentu standar pemenuhan kompetensi dan bila memenuhi syarat Anda berhak mendapatkan sertifikat kompetensi yang dikeluarkan oleh pihak laboratorium atau lembaga profesi yang terkait.

DAFTAR PUSTAKA

Chang, Raymond. 2003. *General Chemistry: The Essential Concepts*. Third Edition. Boston: Mc Graw-Hill.

Goldberg, David E. 2004. *Fundamentals of Chemistry*. Fourth Edition. New York The McGraw – Hill Companies, Inc.

Heyworth, Rex. 1990. *Chemistry A New Approach*. Hongkong: Macmillan Publishers (HK) Limited.

Hill, John W., and Kolb, Doris K. 1998. *Chemistry for Changing Times*. Eighth Edition. London: Prentice Hall International (UK) Limited.

Hill, John W., Baum, Stuart J., Feigl, Dorothy M. 1997. *Chemistry and Life*. Fifth Edition. London: Prentice Hall International (UK) Limited.

Kelter, Paul B., Carr, James D., and Scott, Andrew. 2003. *Chemistry A World of Choices*. Boston: Mc Graw Hill.

Moore, John W, Stanitski and Jurs, Peter C. 2005. *Chemistry The Molecular Science*. Second Edition. United States: Thomson Learning, Inc.

Stanitski, Conrad L., Et all. 2003. *Chemistry In Context: Applying Chemistry to Society*. Boston: Mc Graw Hill.

Winstrom, Cheryl, Phillips, John, Strozak, Victor. 1997. *Chemistry: Concepts and Application Students Edition*. New York: GLENCOE McGraw-Hill