



**SMA MUHAMMADIYAH 1
YOGYAKARTA**



KIMIA

Kelas XI

Modul Pembelajaran SMA

Firdiawan Eka Putra, M.Pd



DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	1
PENDAHULUAN	4
A. Deskripsi	4
B. Petunjuk Penggunaan Modul	4
PEMBELAJARAN.....	4
A. Rencana Belajar Siswa	4
1. Kegiatan Belajar I – Kekhasan Atom Karbon	9
b. Uraian Materi	9
1) Identifikasi Senyawa Karbon	9
2) Kekhasan Atom Karbon	10
3) Jenis Ikatan Hidrokarbon.....	11
c. Rangkuman.....	12
d. Tugas.....	13
e. Tes Formatif.....	14
f. Kunci Jawaban Tes Formatif.....	15
g. Lembar Kerja Keterampilan	16
2. Kegiatan Belajar 2. Struktur dan Reaksi senyawa Karbon	18
a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran	18
b. Uraian Materi	18
1) Jenis Rantai Hidrokarbon	18
2) Penulisan Rumus Struktur.....	19
3) Tata Nama Hidrokarbon	21
4) Sifat Hidrokarbon	25
5) Reaksi dalam Hidrokarbon	26
6) Isomer	27
d. Tugas.....	30
e. Tes Formatif.....	32
e. Kunci Jawaban Tes Formatif.....	33
g. Lembar Kerja Keterampilan	34
3. Kegiatan Belajar 3 – Pembentukan dan Pengolahan Minyak Bumi.....	35
a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran	35
b. Uraian Materi	35
1) Proses Terjadinya Minyak Bumi	36
2) Proses Pengolahan Minyak Bumi.....	39
c. Rangkuman.....	41



d. Tugas.....	42
e. Tes Formatif.....	42
f. Kunci Jawaban Tes Formatif.....	43
g. Lembar Kerja Keterampilan	43
4. Kegiatan Belajar 4 – Reaksi Pembakaran Minyak Bumi	44
a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran	44
b. Uraian Materi	44
c. Rangkuman.....	47
d. Tugas.....	47
e. Tes Formatif.....	48
f. Kunci Jawaban Tes Formatif.....	49
g. Lembar Kerja Keterampilan	49
5. Kegiatan Belajar 5 – Termokimia.....	50
a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran	50
b. Uraian Materi	50
Entalpi reaksi	51
Jenis-Jenis reaksi	51
c. Rangkuman.....	53
d. Tugas.....	54
e. Tes Formatif.....	54
f. Lembar Kerja Keterampilan	56
g. Kunci Tes Formatif.....	57
6. Kegiatan Belajar 6 – Perubahan Entalpi	58
a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran	58
b. Uraian Materi	58
1) Perubahan Entalpi.....	58
2) Penentuan ΔH reaksi secara kalorimeter	59
3) Hukum Hess.....	60
4) Entalpi Pembentukan Standar	63
5) Energi Ikatan	65
c. Rangkuman.....	67
d. Tugas.....	67
e. Tes Formatif.....	68
f. Lembar Kerja Keterampilan	70
g. Kunci Tes Formatif.....	71
h. Tes Sumatif.....	73



i. Kunci Tes Sumatif.....	78
7. Kegiatan Belajar 7 – Konsep Laju Reaksi.....	83
a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran.....	83
A. Tumbukan Sebagai Syarat Terjadinya Suatu Reaksi Kimia.....	83
B. Energi Pengaktifan/Energi Aktivasi.....	83
C. Pengertian Laju Reaksi	84
8. Kegiatan Belajar 8 – Penentuan Orde Reaksi.....	87
a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran.....	87
A. Persamaan Laju reaksi dan Orde reaksi :.....	87
A. Faktor-faktor yang mempengaruhi Laju Reaksi	94
9. Kegiatan Belajar 9 – Kestimbangan Kimia.....	103
b. Uraian Materi	103
I. KESETIMBANGAN KIMIA.....	103
A. KONSEP KESETIMBANGAN KIMIA	103
B. TETAPAN KESETIMBANGAN (K_C).....	107
C. Tetapan Kestimbangan Gas (K_P).....	113
10. Kegiatan Belajar 10 – Pergeseran Kestimbangan	116
a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran.....	116
I. FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI KESETIMBANGAN	116
A. Konsentrasi	116
B. Suhu / temperatur	117
C. Tekanan dan Volume	118
II. Kestimbangan Kimia Dalam Industri.....	120
Tes Formatif III.....	123
Jawaban Tes Formatif III	126
DAFTAR PUSTAKA	127

PENDAHULUAN

A. Deskripsi

Modul Kimia Kelas XI semester 1 ini berisikan materi hidrokarbon, minyak bumi, termokimia, laju reaksi, dan kesetimbangan kimia. Modul ini membimbing siswa untuk menguasai materi secara bertahap, sesuai dengan kemampuan peserta didik dalam menguasai materi.

B. Petunjuk Penggunaan Modul

Untuk memperoleh prestasi belajar secara maksimal, maka langkah-langkah yang perlu dilaksanakan dalam modul ini antara lain:

1. Bacalah dan pahami materi yang ada pada setiap kegiatan belajar.
2. Kerjakan setiap tugas yang diberikan dalam setiap kegiatan belajar dengan penuh semangat dan disiplin.
3. Jika belum menguasai level materi yang diharapkan, ulangi lagi pada kegiatan belajar sebelumnya atau bertanyalah kepada guru.

PEMBELAJARAN

A. Rencana Belajar Siswa

Kompetensi Dasar	Indikator Pencapaian Kompetensi
3.1. Menganalisis struktur dan sifat senyawa hidrokarbon berdasarkan kekhasan atom karbon dan golongan senyawanya	3.1.1. Mendeskripsikan kekhasan atom karbon dalam senyawa karbon
	3.1.2. Menganalisis jenis atom C berdasarkan jumlah atom C yang terikat dari rantai atom karbon (atom C primer, sekunder, tertier, dan kuarterner)
	3.1.3. Memahami struktur, isomer, tata nama, sifat alkana, alkena, dan alkuna
	3.1.4. Menganalisis reaksi senyawa hidrokarbon
3.2. Menjelaskan proses pembentukan fraksi-fraksi minyak bumi, teknik pemisahan serta kegunaannya	3.2.1. Menjelaskan proses pembentukan minyak bumi
	3.2.2. Menjelaskan proses pengolahan minyak bumi
	3.2.3. Menyebutkan kegunaan masing-masing fraksi hasil pengolahan minyak bumi

- 3.3. Mengidentifikasi reaksi pembakaran hidrokarbon yang sempurna dan tidak sempurna serta sifat zat hasil pembakaran (CO_2 , CO , partikulat karbon)
 - 3.2.4. Menjelaskan mutu bensin
 - 3.3.1. Menganalisis dampak pembakaran senyawa hidrokarbon terhadap lingkungan dan kesehatan
 - 3.2.2. Menjelaskan cara mengatasi dampak lingkungan akibat pembakaran senyawa hidrokarbon
- 3.4. Membedakan reaksi eksoterm dan reaksi endoterm berdasarkan hasil percobaan dan diagram tingkat energi.
 - 3.4.1 Membedakan sistem dan lingkungan
 - 3.4.2 Menjelaskan tentang perubahan entalpi
 - 3.4.3 Membedakan reaksi eksoterm dan reaksi endoterm berdasarkan data percobaan.
 - 3.4.4 Membedakan reaksi eksoterm dan reaksi endoterm berdasarkan diagram energi
 - 3.4.5 Menuliskan persamaan termokimia suatu reaksi
- 3.5. Menentukan ΔH reaksi berdasarkan hukum Hess, data perubahan entalpi pembentukan standar, dan data energi ikatan
 - 3.5.1. Menjelaskan jenis-jenis entalpi standar (entalpi pembentukan standar, entalpi penguraian standar, dan entalpi pembakaran standar)
 - 3.5.2. Mengidentifikasi jenis – jenis entalpi standar (entalpi pembentukan standar, entalpi penguraian standar, dan entalpi pembakaran standar)
 - 3.5.3. Menentukan ΔH reaksi berdasarkan data percobaan kalorimeter
 - 3.5.4. Menentukan ΔH reaksi berdasarkan hukum Hess
 - 3.5.5. Menentukan ΔH reaksi berdasarkan data perubahan entalpi pembentukan standar
 - 3.5.6. Menentukan ΔH reaksi berdasarkan data energi ikatan rata-rata

- 3.6. Menjelaskan faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi menggunakan teori tumbukan
- 3.6.1. Mengidentifikasi beberapa reaksi yang terjadi disekitar kita, misalnya kertas dibakar, pita magnesium dibakar, kembang api, perubahan warna pada potongan buah apel dan kentang, pembuatan tape, dan besi berkarat.
- 3.6.2. Menjelaskan pengertian laju reaksi dan faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi.
- 3.6.3. Menjelaskan teori tumbukan pada reaksi kimia.
- 3.7. Menentukan orde reaksi dan tetapan laju reaksi berdasarkan data hasil percobaan
- 3.7.1 Menjelaskan cara menentukan orde reaksi dan persamaan laju reaksi.
- 3.7.2 Mengolah dan menganalisis data untuk menentukan orde reaksi dan persamaan laju reaksi.
- 3.7.3 Menjelaskan peran katalis dalam reaksi kimia di laboratorium dan industri.
- 3.8 Menjelaskan reaksi kesetimbangan di dalam hubungan antara pereaksi dan hasil reaksi
- 3.8.1 Menjelaskan pengertian kesetimbangan dinamis.
- 3.8.2 Menjelaskan pengertian reaksi irreversibel dan reversibel.
- 3.8.3 Menjelaskan pengertian kesetimbangan homogen dan heterogen.
- 3.8.4 Menjelaskan pengertian tetapan kesetimbangan.
- 3.8.5 Menuliskan tetapan kesetimbangan (K_c) untuk kesetimbangan homogen dan heterogen.
- 3.8.6 Menghitung harga K_c berdasarkan konsentrasi zat dalam kesetimbangan.
- 3.8.7 Menghitung harga K_c apabila ada dua K_c dari reaksi yang berkaitan.
- 3.8.8 Menghitung harga K_p berdasarkan tekanan parsial gas pereaksi dan hasil reaksi pada keadaan setimbang.
- 3.8.9 Menentukan hubungan antara K_c dengan K_p .
- 3.8.10 Menghitung harga K_c berdasarkan K_p atau Mengidentifikasi benda-benda yang menggunakan baterai sebagai sumber energi.
- 3.9 Menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi pergeseran arah
- 3.9.1 Menentukan hubungan antara pereaksi dengan hasil reaksi dari suatu reaksi kesetimbangan dan

kesetimbangan dan penerapannya dalam industri	melakukan perhitungan berdasarkan hubungan tersebut.
4.1. Membuat model visual berbagai struktur molekul hidrokarbon yang memiliki rumus molekul yang sama	4.1.1. Memvisualisasikan isomer struktur rantai karbon
4.2. Menyajikan karya tentang proses pembentukan dan teknik pemisahan fraksi-fraksi minyak bumi beserta kegunaannya	4.2.1. Mempresentasikan proses terbentuknya minyak bumi 4.2.2. Mempresentasikan proses pengolahan minyak bumi
4.3. Menyusun gagasan cara mengatasi dampak pembakaran senyawa karbon terhadap lingkungan dan kesehatan	4.3.1. Mempresentasikan dampak pembakaran senyawa hidrokarbon terhadap lingkungan dan kesehatan
4.4. Merancang, melakukan, menyimpulkan serta menyajikan hasil percobaan reaksi eksoterm dan reaksi endoterm.	4.4.1 Merancang percobaan untuk menjelaskan reaksi eksoterm dan reaksi endoterm 4.4.2 Melakukan percobaan untuk menjelaskan reaksi eksoterm dan endoterm 4.4.3 Menyimpulkan hasil percobaan dalam menjelaskan reaksi eksoterm dan reaksi endoterm 4.4.4 Menyajikan hasil percobaan dalam bentuk laporan.
4.5. Merancang, melakukan, dan menyimpulkan serta menyajikan hasil percobaan penentuan ΔH suatu reaksi	4.5.1. Merancang percobaan penentuan ΔH reaksi melalui percobaan 4.5.2. Melakukan percobaan penentuan ΔH reaksi 4.5.3. Menyimpulkan percobaan penentuan ΔH reaksi melalui diskusi kelompok 4.5.4. Menyajikan percobaan penentuan ΔH reaksi melalui presntasi
4.6. Menyajikan hasil penelusuran informasi cara-cara pengaturan dan penyimpanan bahan untuk mencegah perubahan fisika dan kimia yang tak terkendali	4.6.1. Menelusuri informasi cara-cara pengaturan dan penyimpanan bahan untuk mencegah perubahan fisika dan kimia yang tak terkendali

- | | |
|--|---|
| | 4.6.2. Menyajikan hasil penelusuran informasi cara-cara pengaturan dan penyimpanan bahan untuk mencegah perubahan fisika dan kimia yang tak terkendali |
| 4.7. Merancang, melakukan, dan menyimpulkan serta menyajikan hasil percobaan faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi dan orde reaksi | 4.7.1 Merancang percobaan faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi dan orde reaksi
4.7.2 Melakukan percobaan faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi dan orde reaksi
4.7.3 Menyimpulkan serta menyajikan hasil percobaan faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi dan orde reaksi |
| 4.8. Menyajikan hasil pengolahan data untuk menentukan nilai tetapan kesetimbangan suatu reaksi | 4.8.1 Mengolah data untuk menentukan nilai tetapan kesetimbangan suatu reaksi
4.8.2 Menyajikan hasil pengolahan data untuk menentukan nilai tetapan kesetimbangan suatu reaksi |
| 4.9. Merancang, melakukan, dan menyimpulkan serta menyajikan hasil percobaan faktor-faktor yang mempengaruhi pergeseran arah kesetimbangan | 4.9.1 Merancang percobaan faktor-faktor yang mempengaruhi pergeseran arah kesetimbangan
4.9.2 Melakukan percobaan faktor-faktor yang mempengaruhi pergeseran arah kesetimbangan
4.9.3 Menyimpulkan serta menyajikan hasil percobaan faktor-faktor yang mempengaruhi pergeseran arah kesetimbangan |

B. Kegiatan Belajar

1. Kegiatan Belajar I – Kekhasan Atom Karbon

a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran

Melalui model pembelajaran *problem base learning* dengan menggali informasi dari berbagai sumber belajar, dan mengolah informasi, diharapkan siswa terlibat secara aktif, mandiri dan kelompok selama proses belajar mengajar, memiliki sikap **ingin tahu**, **teliti** dalam melakukan pengamatan dan **bertanggungjawab** dalam menyampaikan pendapat, menjawab pertanyaan, memberi saran dan kritik, serta dapat mendeskripsikan kekhasan atom karbon dalam senyawa karbon, menganalisis jenis atom C berdasarkan jumlah atom C yang terikat dari rantai atom karbon (atom C primer, sekunder, tertier, dan kuarterner).

KEKHASAN ATOM KARBON

b. Uraian Materi

Tentunya kita pernah membakar sate bukan? Apa yang terjadi apabila sate terlalu lama dibakar? Ternyata sate akan berwarna hitam dan gosong. Mengapa sate dapat menjadi hitam seperti saat kayu dibakar? Apa yang menyebabkan warna hitam pada sate dan kayu? Sate dan kayu mengandung banyak atom karbon. Bagaimana cara mengidentifikasi senyawa-senyawa penyusun senyawa hidrokarbon? Untuk lebih memahami atom karbon, ayo kita pelajari bab ini!



1) Identifikasi Senyawa

Pengalaman Belajar

Siapkan sehelai daun kering, batang lidi, kertas. Bakar masing-masing bahan tersebut. Amati dan catat perubahan yang terjadi! Masukkan gula pasir ke dalam cawan, tuangkan asam sulfat di atas gula secara merata. Amati dan catat perubahan yang terjadi!

Keberadaan atom karbon dalam suatu senyawa dapat ditunjukkan dengan dengan membakar senyawa tersebut. Hasil pembakaran sempurna dari senyawa hidrokarbon (senyawa yang mengandung karbon dan hidrogen) akan mengubah karbon menjadi gas CO_2 , sedangkan hidrogen berubah menjadi uap air (H_2O). Gas CO_2 hasil pembakaran senyawa karbon dapat mengeruhkan air kapur, sedangkan keberadaan uap air dapat akan mengubah kertas kobalt yang berwarna biru menjadi rose.

2) Kekhasan Atom

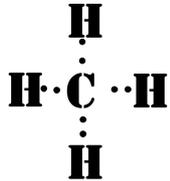
Karbon mudah berikatan dengan atom lain sehingga membentuk berbagai senyawa. Hal ini disebabkan kekhasan atom karbon yaitu dapat membentuk empat ikatan kovalen dengan atom lain karena memiliki empat elektron valensi.

Pengalaman Belajar

Mengapa atom boron dan nitrogen yang berada di sebelah atom Karbon pada sistem periodik unsur tidak memiliki kekhasan seperti yang dimiliki atom karbon?



Ikatan yang terjadi pada atom karbon dapat berupa ikatan kovalen tunggal, rangkap dua, atau rangkap tiga.



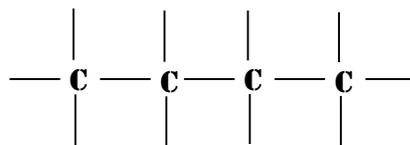
Ikatan tunggal

Ikatan rangkap 2

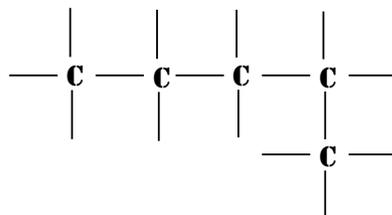
Rantai karbon yang terbentuk dapat berupa rantai terbuka (alifatis) dan rantai tertutup (siklis).

1) Rantai terbuka (alifatis), rantai yang antara ujung-ujung atom karbonnya tidak saling berhubungan. Contoh rantai terbuka:

a) Rantai karbon lurus

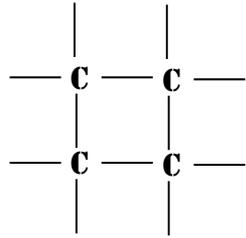


b) Rantai karbon bercabang

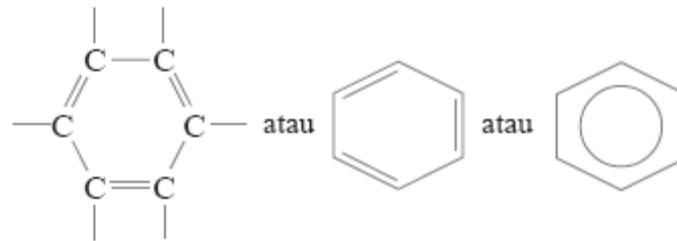


2) Rantai tertutup (siklis), pada rantai siklis ini terdapat pertemuan antara ujung-ujung rantai karbonnya. Contoh rantai tertutup:

a) Rantai alisiklis



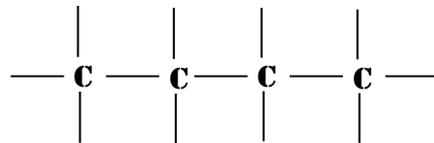
b) Rantai aromatis



3) Jenis Ikatan

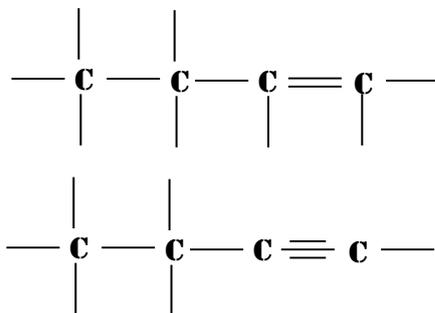
1) Ikatan jenuh merupakan rantai karbon yang semua ikatan karbonnya merupakan ikatan tunggal -C-C-

Contoh:



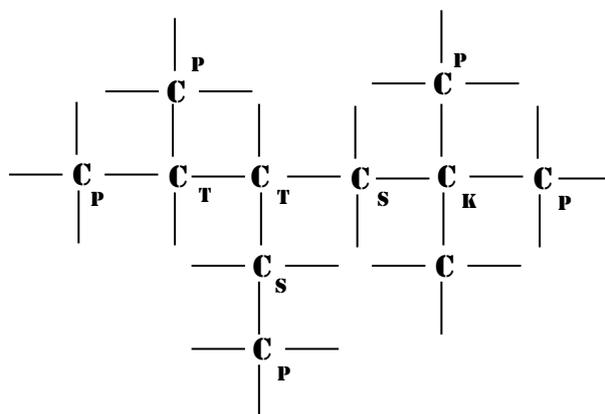
2) Ikatan tak jenuh merupakan rantai karbon yang memiliki ikatan rangkap dua maupun rangkap tiga pada ikatan karbonnya. Dikatakan tak jenuh karena ikatan rangkap dapat mengalami pemutusan ikatan.

Contoh:



1) Atom karbon yang terikat pada atom karbon lainnya

Berdasarkan jumlah atom karbon yang berikatan dengan atom karbon lainnya, atom karbon dibedakan menjadi atom C primer, C sekunder, C tersier, dan C kuartener. Atom C primer merupakan atom C yang berikatan dengan 1 atom C lainnya. Atom C sekunder merupakan atom C yang berikatan dengan 2 atom C lainnya. Atom C tersier merupakan atom C yang berikatan dengan 3 atom C lainnya. Atom C kuartener merupakan atom C yang berikatan dengan 4 atom C lainnya.



Keterangan:

P = primer

S = sekunder

T = tersier

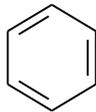
K = kuartener

c. Rangkuman

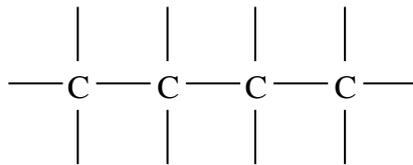
1. Karbon mudah berikatan dengan atom lain karena memiliki empat electron valensi sehingga membentuk berbagai senyawa
2. Rantai karbon dapat dibagi menjadi rantai terbuka (alifatis) dan rantai tertutup (siklis). Rantai terbuka terdiri dari rantai lurus dan bercabang. Rantai tertutup terdiri dari alisiklis dan aromatis.
3. Berdasarkan jumlah atom karbon yang berikatan dengan atom karbon lainnya, atom karbon dibedakan menjadi atom C primer, C sekunder, C tersier, dan C kuartener.

d. Tugas

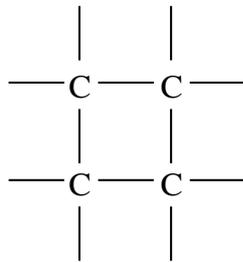
1. Bagaimana cara menunjukkan atom karbon, hidrogen, dan oksigen dalam suatu senyawa karbon?
2. Zat apa yang dihasilkan dari pembakaran senyawa hidrokarbon secara sempurna dan bagaimana cara mengidentifikasinya?
3. Mengapa atom karbon dapat membentuk rantai karbon panjang?
4. Mengapa posisi atom karbon dalam rantai senyawa karbon dapat dibedakan menjadi atom primer, sekunder, tersier, dan kuartener? Jelaskan!
5. Rantai karbon dapat dibagi menjadi rantai terbuka (alifatis) dan rantai tertutup (siklis). Rantai terbuka terdiri dari rantai lurus dan bercabang. Rantai tertutup terdiri dari alisiklis dan aromatis. Tentukan golongan rantai karbon berikut!



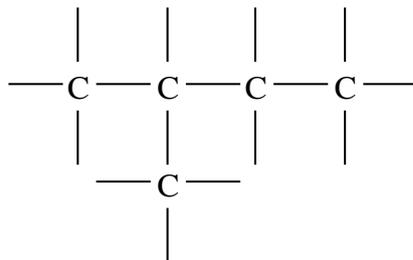
a.



b.

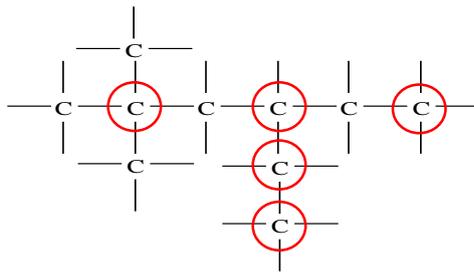


c.



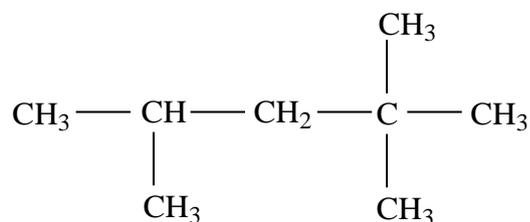
d.

6. Tentukan posisi atom karbon yang diberi lingkaran merah pada rantai karbon berikut!



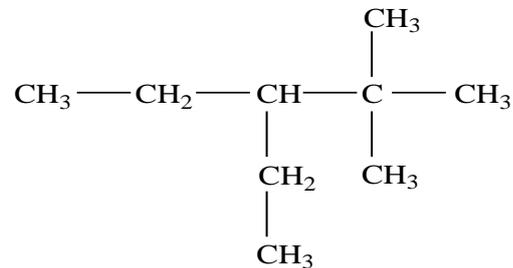
e. Tes Formatif

- Atom karbon yang berikatan dengan 3 atom karbon lainnya adalah ...
 - Hidrokarbon
 - Karbon primer
 - Karbon sekunder
 - Karbon tersier
 - Karbon kuartener
- Rantai karbon yang memiliki ikatan rangkap dua maupun rangkap tiga pada ikatan karbonnya disebut ...
 - Rantai siklik
 - Rantai aromatik
 - Rantai lurus
 - Rantai jenuh
 - Rantai tak jenuh
- Rantai tertutup terdiri dari
 - alisiklis dan aromatis
 - siklis dan bercabang
 - alisiklis dan aromatis
 - alisiklis dan bercabang
 - siklis dan lurus
- Jumlah karbon sekunder pada rantai karbon tersebut adalah ...



- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

2. Jumlah karbon primer, sekunder, tersier, dan kuartener berturut-turut pada rantai karbon berikut adalah ...



- 5, 1, 2, 1
- 5, 2, 1, 1
- 5, 1, 1, 2
- 3, 2, 2, 2
- 2, 2, 1, 3

f. Kunci Jawaban Tes Formatif

1. D

Atom C tersier merupakan atom C yang berikatan dengan 3 atom C lainnya.

2. E

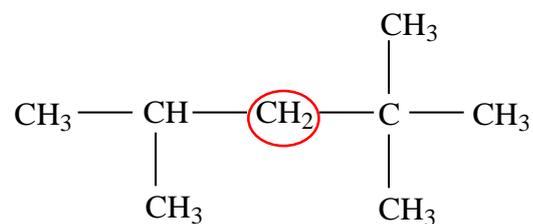
Ikatan tak jenuh merupakan rantai karbon yang memiliki ikatan rangkap dua maupun rangkap tiga pada ikatan karbonnya. Dikatakan tak jenuh karena ikatan rangkap dapat mengalami pemutusan ikatan.

3. A

Rantai tertutup (siklis), pada rantai siklis ini terdapat pertemuan antara ujung-ujung rantai karbonnya. Contoh rantai tertutup adalah alisiklis dan aromatik.

4. A

Jumlah karbon sekunder pada rantai karbon tersebut adalah satu



5. B

Karbon primer = 5

Karbon sekunder = 2

Karbon tersier = 1

Karbon kuartener = 1

g. Lembar Kerja Keterampilan

**LEMBAR KERJA SISWA EKSPERIMEN
SENYAWA HIDROKARBON**

Mata Pelajaran : Kimia
Kelas/ Semester : XI IPA / 1
Waktu : 2 x 45 menit

A. Tujuan

Mengidentifikasi unsur karbon dan hidrogen dalam senyawa karbon

B. Alat dan Bahan

Alat

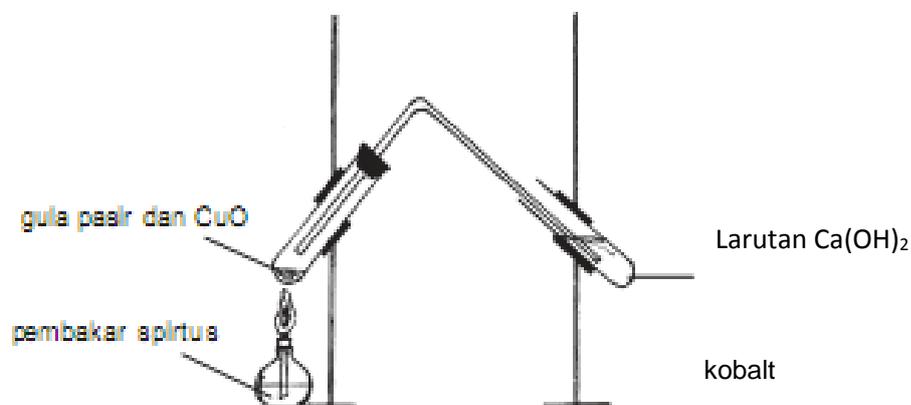
- | | |
|---------------------|------------------|
| 1. Gelas kimia | 5. Klem |
| 2. Spatula | 6. Sumbat |
| 3. Pembakar spirtus | 7. Pipa kaca |
| 4. Statif | 8. Tabung reaksi |

Bahan

- | | |
|------------------|---------------------------------|
| 1. Gula pasir | 5. Air |
| 2. Kertas kobalt | 6. Air kapur, Ca(OH)_2 |
| 3. CuO | |

C. Langkah kerja

1. Siapkan tabung reaksi
2. Masukkan gula pasir serbuk tembaga (II) oksida (CuO) ke dalam tabung reaksi masing-masing dua spatula
3. Guncang tabung reaksi hingga bercampur secara homogen
4. Masukkan air kapur sebanyak 50 mL ke dalam tabung reaksi yang lain
5. Susunlah alat-alat seperti pada gambar



10. Lakukan hal yang sama (langkah 1-9) untuk tepung beras dan susu bubuk.



D. Hasil Pengamatan

I. Uji air kapur

Tabung 1.

Saat gula sebelum dipanaskan :

Setelah gula dipanaskan :.....

Tabung 2.

Air kapur sebelum dialiri gas hasil pemanasan gula :.....

Air kapur setelah dialiri gas hasil pemanasan gula :.....

II. Uji kertas kobalt

Warna kertas kobalt sebelum ditetesi uap dari pemanasan gula :.....

Warna kertas kobalt setelah ditetesi uap dari pemanasan gula :.....

2. Kegiatan Belajar 2. Struktur dan Reaksi senyawa Karbon

a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran

Melalui model pembelajaran *problem base learning* dengan menggali informasi dari berbagai sumber belajar, dan mengolah informasi, diharapkan siswa terlibat secara aktif, mandiri dan kelompok selama proses belajar mengajar, memiliki sikap **ingin tahu**, **teliti** dalam melakukan pengamatan dan **bertanggungjawab** dalam menyampaikan pendapat, menjawab pertanyaan, memberi saran dan kritik, serta dapat memahami struktur, isomer, tata nama, sifat alkana, alkena, dan alkuna, serta menganalisis reaksi senyawa hidrokarbon

b. Uraian Materi

TATA NAMA HIDROKARBON

Tentunya kita pernah berbelanja ke minimarket? Apakah kita menyadari bahwa barang di minimarket disusun berdasarkan aturan tertentu? Ternyata barang yang berada di minimarket disusun berdsasarka aturan tertentu sehingga pembeli mudah mencari barang yang akan dibutuhkan. Senyawa hidrokarbon juga memiliki aturan tertentu dalam penamaan strukturnya sehingga mudah untuk kita pelajari. Untuk lebih mudah memahami tata nama hidrokarbon, ayo kita pelajari bab ini!



1) Jenis Rantai Hidrokarbon

Berdasarkan jenis ikatan pada rantai karbon, senyawa hidrokarbon dibedakan menjadi alkana, alkena, dan alkuna. Alkana merupakan hidrokarbon jenuh dimana semua ikatan karbon merupakan ikatan tunggal. Alkana memiliki rumus homolog C_nH_{2n+2} . Alkena termasuk senyawa hidrokarbon tidak jenuh, artinya alkena masih memiliki daya ikat terhadap molekul lain akibat adanya ikatan rangkap di antara atom karbon. Alkena merupakan hidrokarbon tak jenuh dimana memiliki ikatan rangkap dua ($-C=C-$). Alkena memiliki rumus homolog C_nH_{2n} . Senyawa yang memiliki dua ikatan rangkap disebut alkadiena, yang mempunyai tiga ikatan rangkap disebut alkatriena. Alkuna merupakan hidrokarbon tak jenuh yang memiliki ikatan rangkap tiga ($-C\equiv C-$).

Rumus homolog alkuna adalah C_nH_{2n-2} .

Jumlah Karbon	Alkana	Alkena	Alkuna
1	CH ₄ Metana		
2	C ₂ H ₆ Etana	C ₂ H ₄ Etena	C ₂ H ₂ Etuna
3	C ₃ H ₈ Propana	C ₃ H ₆ Propena	C ₃ H ₄ Propuna
4	C ₄ H ₁₀ Butana	C ₄ H ₈ Butena	C ₄ H ₆ Etuna
5	C ₅ H ₁₂ Pentana	C ₅ H ₁₀ Pentena	C ₅ H ₈ Etuna
6	C ₆ H ₁₄ Heksana	C ₆ H ₁₂ Heksena	C ₆ H ₁₀ Heksuna
7	C ₇ H ₁₆ Heptana	C ₇ H ₁₄ Heptena	C ₇ H ₁₂ Heptuna
8	C ₈ H ₁₈ Oktana	C ₈ H ₁₆ Oktena	C ₈ H ₁₄ Oktuna
9	C ₉ H ₂₀ Nonana	C ₉ H ₁₈ Nonena	C ₉ H ₁₆ Nonuna
10	C ₁₀ H ₂₂ Dekana	C ₁₀ H ₂₀ Dekena	C ₁₀ H ₁₈ Dekuna

2) Penulisan Rumus Struktur

Cara penulisan rumus struktur dapat dilakukan sebagai berikut,

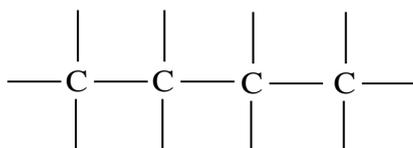
a) n-butana

(1) Menulis rantai utama

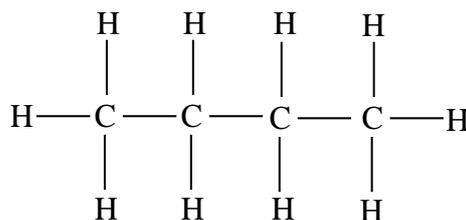
Butana merupakan rantai hidrokarbon yang memiliki empat atom karbon



(2) Menulis garis penghubung dari setiap atom karbon



- (3) Menuliskan atom Hidrogen pada setiap ujung garis



Ingatlah!

Untuk menuliskan rumus struktur suatu senyawa dapat dilakukan dengan menyusunnya dari nama yang paling belakang

- (4) Rumus struktur di atas dapat ditulis secara singkat menjadi:



- b) 2-metil butana

- (1) Menulis rantai utama

Butana merupakan rantai hidrokarbon yang memiliki empat atom karbon



Ingatlah!

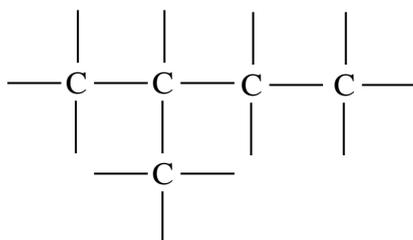
Rantai utama tidak harus lurus tetapi boleh berbelok

- (2) Menulis rantai cabang

2-metil berarti terdapat cabang 1 karbon pada karbon nomor 2



- (3) Menulis garis penghubung dari setiap atom karbon



Ingatlah!

Penamaan alkil

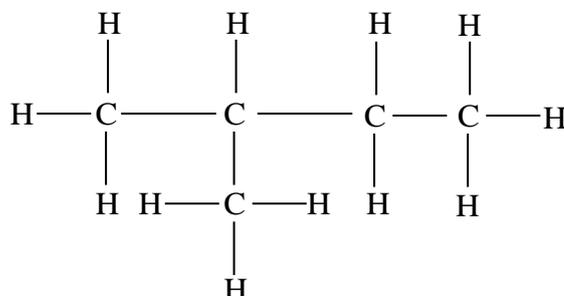
CH_3 – metil

C_2H_5 – etil

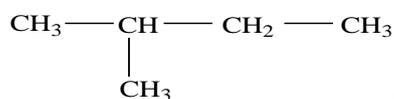
C_3H_7 – propil

C_4H_9 – butil

- (4) Menuliskan atom Hidrogen pada setiap ujung garis



- (5) Rumus struktur di atas dapat ditulis secara singkat menjadi:



c) 2-metil-1-butena

(1) Menulis rantai utama

Butana merupakan rantai hidrokarbon yang memiliki empat atom karbon



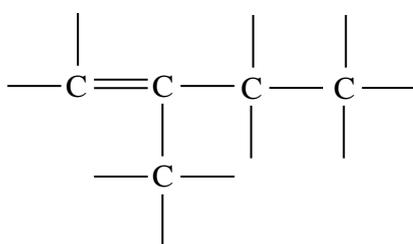
(2) Menulis rantai cabang

2-metil berarti terdapat cabang 1 karbon pada karbon nomor 2

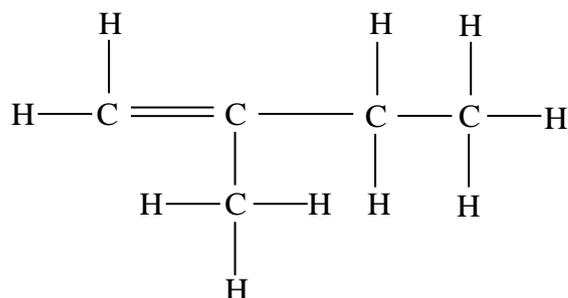


(3) Menulis garis penghubung dari setiap atom karbon

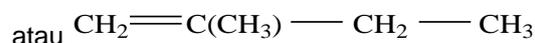
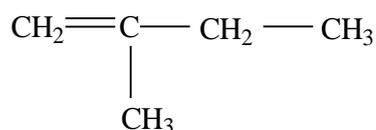
1-butena berarti terdapat ikatan rangkap dua pada karbon pertama



(4) Menuliskan atom Hidrogen pada setiap ujung garis



(5) Rumus struktur di atas dapat ditulis secara singkat menjadi:



3) Tata Nama Hidrokarbon

a) Trivial (Nama Umum)

Tata nama secara trivial merupakan penamaan yang ditentukan oleh jumlah atom karbon tanpa memperhatikan susunan atom karbon.

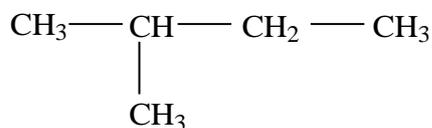
- Rantai karbon tak bercabang yang memiliki atom C lebih dari 3 diberi awalan normal (n-). Contoh:



Nama: n-pentana

- Rantai karbon yang mempunyai gugus $-\text{CH}(\text{CH}_3)_2$ pada ujung rantai, diberi awalan iso-.

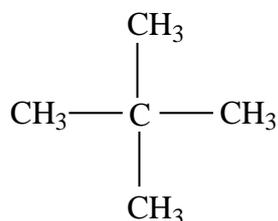
Contoh:



Jumlah atom C pada senyawa tersebut adalah 5 sehingga diberi akhiran pentana, sehingga nama senyawa tersebut adalah iso-pentana.

- Rantai karbon yang mempunyai gugus $-\text{C}(\text{CH}_3)_3$ pada ujung rantai diberi awalan neo-.

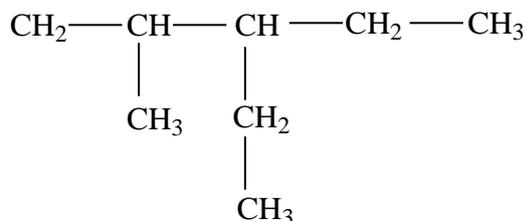
Contoh:



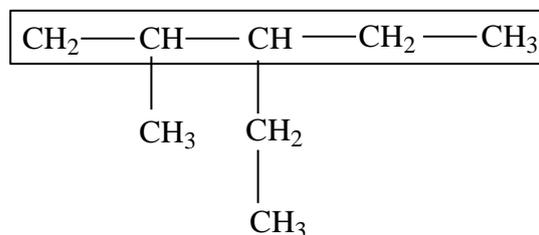
Jumlah atom C pada senyawa tersebut adalah 5 sehingga diberi akhiran pentana, sehingga nama senyawa tersebut adalah neo-pentana.

b) IUPAC

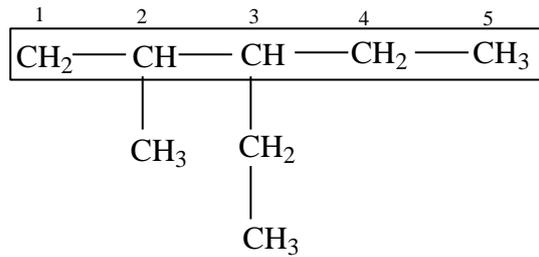
Aturan penamaan rantai hidrokarbon pada alkana:



- (1) Mencari rantai terpanjang yang dilewati oleh gugus fungsi atau rangkap.
Rantai terpanjang terdiri dari 5 atom karbon sehingga diberi nama pentana



- (2) Cabang diberi nomor kecil
Penamaan cabang atom karbon di akhiri dengan nama -il
Karbon nomor 2 memiliki cabang 1 atom karbon = 2-metil
Karbon nomor 3 memiliki cabang 2 atom karbon = 3-etil



(3) Nama sesuai alfabetis

Penamaan rantai karbon diawali nama cabang dan diakhiri nama rantai karbon terpanjang

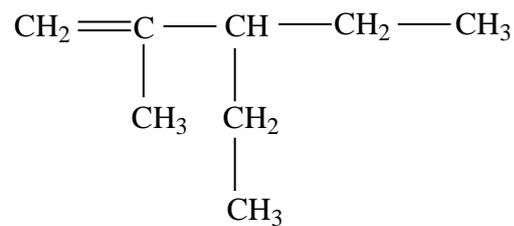
2-metil

3-etil

pentana

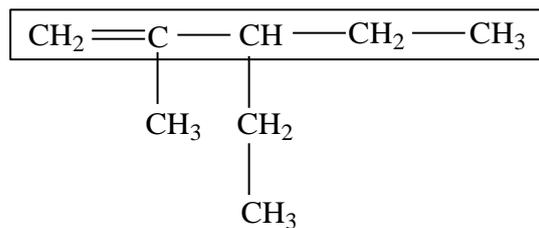
Cabang metil dan etil secara alfabetis sehingga lebih dahulu etil, sehingga nama senyawa tersebut adalah: 3-etil-2-metil pentana

Aturan penamaan rantai hidrokarbon pada alkena:



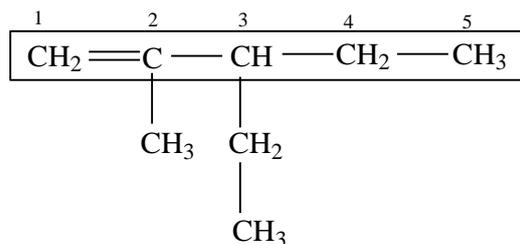
(1) Mencari rantai terpanjang yang dilewati oleh gugus fungsi atau rangkap.

Rantai terpanjang terdiri dari 5 atom karbon dan memiliki 1 ikatan rangkap = pentena



(2) Gugus fungsi atau rangkap diberi nomor kecil

Ikatan rangkap terletak pada atom karbon pertama = 1-pentena

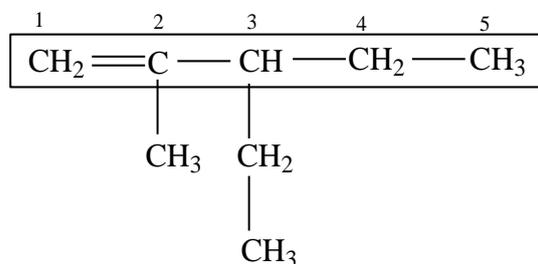


- (3) Cabang diberi nomor kecil

Penamaan cabang atom karbon di akhiri dengan nama -il

Karbon nomor 2 memiliki cabang 1 atom karbon = 2-metil

Karbon nomor 3 memiliki cabang 2 atom karbon = 3-etil



- (4) Nama sesuai alfabetis

Penamaan rantai karbon diawali nama cabang dan diakhiri nama rantai karbon terpanjang

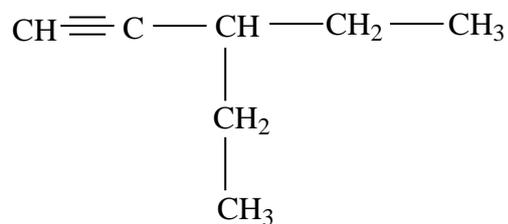
2-metil

3-etil

1-pentuna

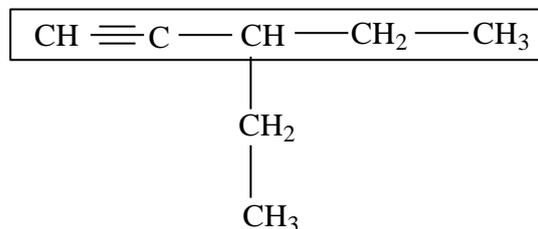
Cabang metil dan etil secara alfabetis sehingga lebih dahulu etil, sehingga nama senyawa tersebut adalah: 3-etil—2-metil-1-pentuna

Aturan penamaan rantai hidrokarbon pada alkuna:



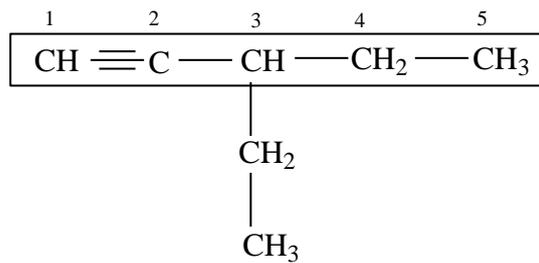
- (1) Mencari rantai terpanjang yang dilewati oleh gugus fungsi atau rangkap.

Rantai terpanjang terdiri dari 5 atom karbon dan memiliki 1 ikatan rangkap tiga

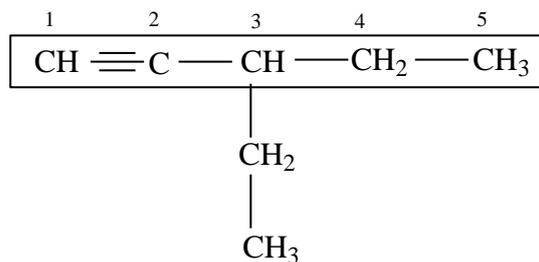


- (2) Gugus fungsi atau rangkap diberi nomor kecil

Ikatan rangkap terletak pada atom karbon pertama = 1-pentuna



- (3) Cabang diberi nomor kecil
 Penamaan cabang atom karbon di akhiri dengan nama -il
 Karbon nomor 3 memiliki cabang 2 atom karbon = 3-etil



- (4) Nama sesuai alfabetis
 Penamaan rantai karbon diawali nama cabang dan diakhiri nama rantai karbon terpanjang
 3-etil
 1-pentena
 nama senyawa tersebut adalah: 3-etil-1-pentuna

4) Sifat Hidrokarbon

a) Alkana

- (1) Alkana memiliki titik didih dan titik lebur yang rendah
- Semakin panjang rantai karbon, maka titik didih dan titik lebur semakin tinggi
 - Pada rantai karbon yang memiliki rumus molekul sama, semakin banyak cabang rantai karbon, maka titik didih dan titik lebur semakin rendah
- (2) Wujud senyawa alkana
 Alkana dengan jumlah karbon C₁-C₄ berwujud gas pada suhu kamar, C₅-C₁₇ berwujud cair pada suhu kamar, dan >C₁₇ berwujud padat pada suhu kamar

b) Alkena

- (1) Alkena memiliki titik didih dan titik lebur yang rendah
- Semakin panjang rantai karbon, maka titik didih dan titik lebur semakin tinggi
 - Pada rantai karbon yang memiliki rumus molekul sama, semakin banyak cabang rantai karbon, maka titik didih dan titik lebur semakin rendah

- (2) Wujud senyawa alkena

Alkena dengan jumlah karbon C_2-C_4 berwujud gas pada suhu kamar, C_5-C_{17} berwujud cair pada suhu kamar, dan $>C_{17}$ berwujud padat.

c) Alkuna

- (1) Wujud senyawa alkuna

Alkena dengan jumlah karbon C_2-C_4 berwujud gas tak berwarna pada suhu kamar, C_5-C_{12} berwujud cair pada suhu kamar, dan $>C_{17}$ berwujud padat pada suhu kamar.

- (2) Kelarutan senyawa alkuna

Alkuna tidak larut dalam air, namun dapat larut dalam pelarut organik seperti benzena, eter, dan karbon tetraklorida

- (3) Alkuna memiliki titik didih dan titik lebur yang rendah

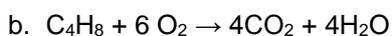
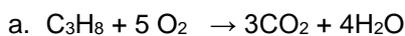
- Semakin panjang rantai karbon, maka titik didih dan titik lebur semakin tinggi
- Pada rantai karbon yang memiliki rumus molekul sama, semakin banyak cabang rantai karbon, maka titik didih dan titik lebur semakin rendah

5) Reaksi dalam

a) Pembakaran (oksidasi)

Reaksi pembakaran sempurna senyawa hidrokarbon menggunakan oksigen akan menghasilkan gas CO_2 dan H_2O , sedangkan reaksi pembakaran tidak sempurna akan menghasilkan gas CO dan H_2O . Reaksi pembakaran terjadi pada hidrokarbon alkana, alkena, dan alkuna. Reaksi pembakaran sering disebut dengan reaksi oksidasi.

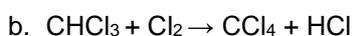
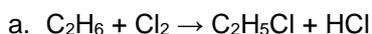
Contoh:



b) Substitusi

Reaksi substitusi merupakan penggantian suatu atom dalam suatu molekul yang digantikan oleh atom yang lain. Jika atom H pada rangkaian hidrokarbon diganti dengan senyawa halogen (F, Cl, Br, I), maka reaksi disebut dengan reaksi halogenasi. Reaksi substitusi hanya dapat terjadi pada alkana.

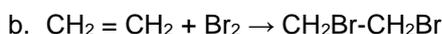
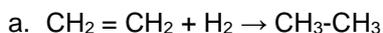
Contoh:



c) Reaksi Adisi

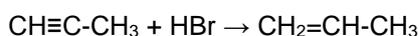
Reaksi adisi merupakan reaksi pemutusan ikatan rangkap. Reaksi adisi terjadi pada hidrokarbon alkena dan alkuna.

Contoh:



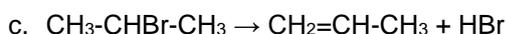
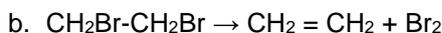
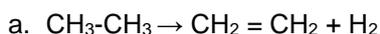
Pada senyawa asimetris dapat berlaku aturan Markovnikov, yaitu jika suatu HX bereaksi dengan ikatan rangkap asimetris, maka produk utama reaksi adalah molekul dengan atom H yang ditambahkan ke atom C yang memiliki atom H lebih banyak.

Contoh:

**d) Reaksi Eliminasi**

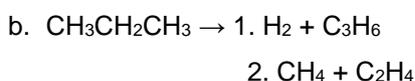
Reaksi adisi merupakan reaksi pembentukan ikatan rangkap. Reaksi eliminasi terjadi pada hidrokarbon alkana dan alkena.

Contoh:

**e) Perengkahan atau cracking**

Perengkahan ialah pemutusan rantai karbon menjadi potongan rantai yang lebih pendek. Perengkahan terjadi bila alkana dipanaskan pada suhu tinggi dan tekanan tanpa oksigen.

Contoh:

**6) Isomer**

Isomer merupakan senyawa yang memiliki rumus molekul sama, tetapi memiliki rumus struktur yang berbeda. Isomer memiliki sifat berbeda akibat adanya perbedaan struktur. Isomer dibedakan menjadi isomer struktur dan isomer ruang. Isomer struktur merupakan senyawa karbon yang memiliki rumus molekulnya sama, tetapi memiliki rumus struktur yang berbeda, sedangkan isomer ruang merupakan senyawa karbon

yang memiliki rumus molekul sama, gugus sama, tetapi susunan gugus dalam ruang berbeda. Isomer struktur dibedakan menjadi tiga, yaitu:

a) Isomer Kerangka

Isomer kerangka yaitu senyawa karbon yang memiliki rumus molekul sama, tetapi posisi dari atom karbon yang berbeda.

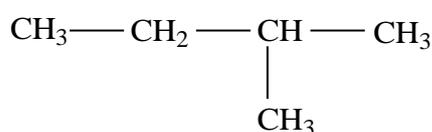
Contoh:

Isomer dari C_5H_{12}

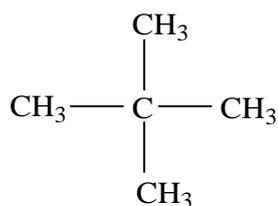
a) n-pentana



b) 2-metil butana



c) 2,2-dimetil propana



b) Isomer Posisi

Isomer posisi yaitu senyawa karbon yang memiliki rumus molekul sama, tetapi posisi dari gugus fungsi atau rangkap yang berbeda

Contoh:

Isomer dari C_4H_8

a) 1-butena



b) 2-butena



c) Isomer Gugus Fungsi

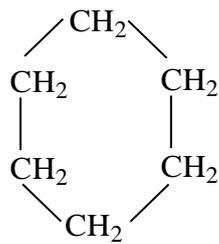
Isomer posisi yaitu senyawa karbon yang memiliki rumus molekul sama, tetapi memiliki gugus fungsi yang berbeda

(1) Alkena – sikloalkana

1-heksena

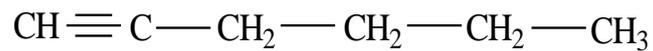


Sikloheksana

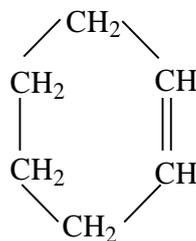


(2) Alkuna – sikloalkena – alkadiena

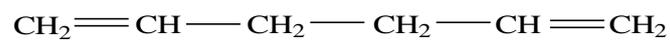
1-heksuna



Sikloheksena



1,5-hesadiena

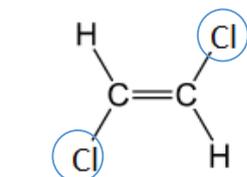
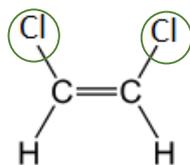
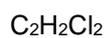


Isomer ruang dibedakan menjadi dua, yaitu:

1) Isomer geometri

Isomer geometri hanya dapat terjadi pada alkena karena harus memiliki ikatan rangkap dua.

Contoh:



Cis 1,2-dikloroetena

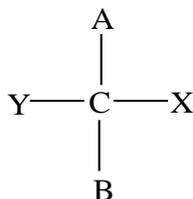
Trans 1,2-dikloroetena

Pengalaman Belajar

Mengapa alkuna tidak memiliki isomer cis-trans? Padahal alkuna juga memiliki ikatan rangkap senerti alkena.

2) Isomer optik

Isomer optik memiliki ciri khas khusus, yaitu atom karbon yang memiliki C kiral/asimetris atau karbon yang memiliki cabang yang berbeda semua.



dimana $\text{A} \neq \text{B} \neq \text{X} \neq \text{Y}$

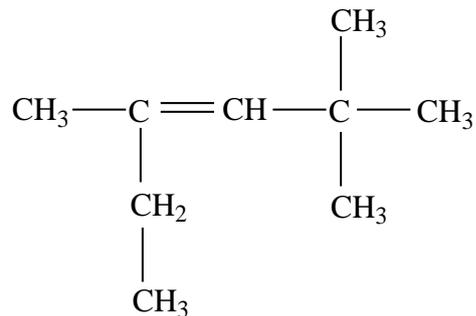
c. Rangkuman

- Aturan tata nama pada senyawa hidrokarbon meliputi:
 - Mencari rantai terpanjang yang dilewati gugus fungsi atau rangkap
 - Gugus fungsi atau rangkap diberi nomor kecil
 - Cabang diberi nomor kecil
 - Nama sesuai abjad
- Reaksi pada senyawa hidrokarbon meliputi reaksi pembakaran, substitusi, adisi, eliminasi, perengkahan.
- Isomer merupakan senyawa yang memiliki rumus molekul sama, tetapi memiliki rumus struktur yang berbeda.
- Isomer dibedakan menjadi isomer struktur dan isomer ruang. Isomer struktur dibedakan menjadi tiga, yaitu: kerangka, posisi, dan gugus fungsi, sedangkan isomer ruang dibedakan menjadi dua, yaitu: geometri, dan optik.

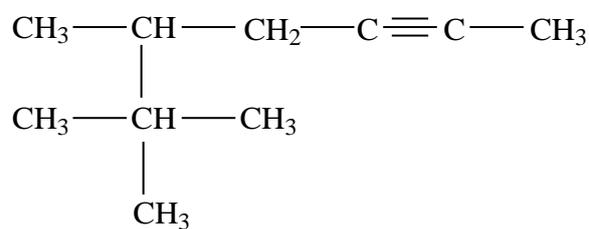
d. Tugas

- Berilah nama struktur hidrokarbon berikut!
 - $$\begin{array}{ccccccc} & & & \text{CH}_3 & & & \\ & & & | & & & \\ \text{CH}_3 & - & \text{CH} & - & \text{CH}_2 & - & \text{C} & - & \text{CH}_3 \\ & & | & & & & | & & \\ & & \text{CH}_2 & & & & \text{CH}_3 & & \\ & & | & & & & & & \\ & & \text{CH}_3 & & & & & & \end{array}$$

b.



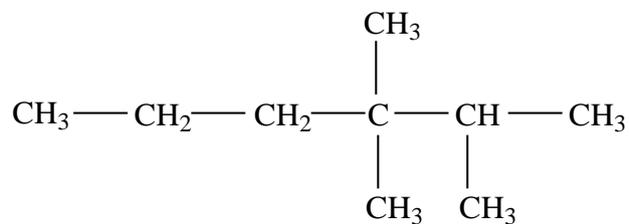
c.



2. Tuliskan rumus struktur dari nama senyawa berikut!
 - a. 2,3-dimetil pentana
 - b. 3,3,4-trimetil heksana
 - c. 4-etil-4-metil-2-heksuna
3. Tuliskan isomer dari senyawa berikut!
 - a. Isomer kerangka C_5H_{12}
 - b. Isomer cis-trans $\text{C}_2\text{H}_2\text{Br}_2$
 - c. Isomer posisi C_4H_8
4. Pentana dan 2-metil butana memiliki rumus struktur yang sama yaitu C_5H_{12} , tetapi kedua senyawa tersebut memiliki titik didih yang berbeda. Jelaskan mengapa pentana dan 2-metil butana memiliki titik didih yang berbeda? Mana yang memiliki titik didih lebih tinggi?
5. Tentukan jenis reaksi dan hasil reaksi senyawa berikut!
 - a. $\text{CH}_3 - \text{CH} = \text{CH}_2 + \text{H}_2 \rightarrow \dots\dots\dots$
 - b. $2\text{C}_2\text{H}_6 + 7\text{O}_2 \rightarrow \dots\dots\dots$
 - c. $\text{CH}_2 = \text{CHBr} + \text{HBr} \rightarrow \dots\dots\dots$
 - d. $\text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_3 + \text{Br}_2 \rightarrow \dots\dots\dots + \dots\dots\dots$

e. Tes Formatif

- 1) Senyawa-senyawa dibawah ini yang termasuk golongan alkana adalah...
 - a. C_4H_4
 - b. C_4H_8
 - c. C_4H_6
 - d. C_4H_{10}
 - e. C_4H_9
- 2) Rumus molekul alkuna secara umum adalah...
 - a. C_nH_{2n-2}
 - b. C_nH_{2n}
 - c. C_nH_{2n+2}
 - d. C_nH_{2n+1}
 - e. C_nH_{3n}
- 3) Reaksi perubahan etana dengan gas klorin menjadi etil klorida dan asam klorida termasuk reaksi ...
 - a. Adisi
 - b. Polimerisasi
 - c. Substitusi
 - d. Reduksi
 - e. Oksidasi
- 4) Nama senyawa berikut adalah ...



- a. 2,3,3-trimetil heksana
 - b. 4,4,5-trimetil heksana
 - c. 4,4,5-trimetil heksena
 - d. 2,3,3-trimetil pentana
 - e. 2,3-dimetil heksana
- 5) Nama senyawa berikut adalah ...
- $$\begin{array}{ccccccc}
 \text{CH}_2 & = & \text{CH} & - & \text{CH}_2 & - & \text{CH} & - & \text{CH} & - & \text{CH}_3 \\
 & & & & & & | & & | & & \\
 & & & & & & \text{CH}_3 & & \text{CH}_3 & &
 \end{array}$$
- a. 4,5-dimetil-2-heksena
 - b. 4,5-dimetil-1-heksena
 - c. 4,5,5-trimetil-2-pentena
 - d. 4,5,5-trimetil pentana
 - e. 2,3- dimetil-5-heksena

e. Kunci Jawaban Tes Formatif

1. D

Alkana memiliki rumus homolog C_nH_{2n+2}

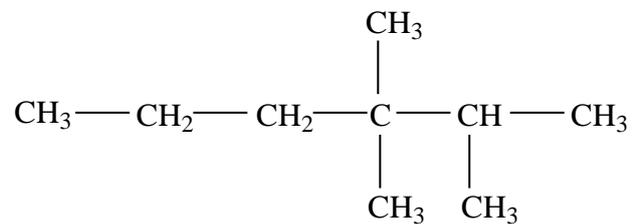
2. A

Alkuna memiliki rumus homolog C_nH_{2n-2}

3. C

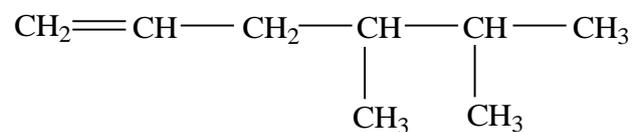
Reaksi substitusi merupakan reaksi penggantian hidrogen pada etana dengan klor pada gas klorin

4. A



Rantai karbon terpanjang pada rantai tersebut terdiri dari 6 karbon sehingga diberi nama heksana. Terdapat cabang metil pada karbon nomor 2, 3, dan 3, sehingga nama pada rantai karbon tersebut adalah 2,3,3-trimetil heksana

5. E



Rantai karbon terpanjang pada rantai tersebut terdiri dari 6 karbon sehingga dan terdapat ikatan rangkap pada rantai karbon pertama sehingga diberi nama 1-heksena. Terdapat cabang metil pada karbon nomor 4 dan 5, sehingga nama pada rantai karbon tersebut adalah 4,5-dimetil-1-heksena

g. Lembar Kerja Keterampilan

Pembuatan Plastik dari Susu
(Penerapan alkena dalam kehidupan)

A. Tujuan

Membuat plastik dari susu melalui proses koagulasi menggunakan asam asetat

B. Alat dan Bahan

1. Gelas kimia
2. Susu sapi dan susu kedelai
3. Asam asetat
4. Formalin
5. Bunsen
6. Kertas saring
7. Spatula
8. Wadah

C. Cara kerja

1. Larutkan susu sapi ke dalam gelas kimia
2. Tambahkan asam asetat sedikit demi sedikit sambil mengaduk hingga terbentuk endapan
3. Saring endapan dengan kertas saring, masukkan endapan ke dalam wadah
4. Tambahkan formalin ke atas wadah
5. Tunggu hingga terbentuk plastik
6. Ulangi langkah 1-5 pada susu kedelai
7. Ulangi Langkah 1-6 tanpa pemanasan
8. Bandingkan hasilnya

No.	Hasil Pengamatan	Jenis Susu			
		Sapi		Kedelai	
		DP	TP	DP	TP
1					
2					
3					

DP = dengan pemanasan, TP = tanpa pemanasan

3. Kegiatan Belajar 3 – Pembentukan dan Pengolahan Minyak Bumi

a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran

Melalui model pembelajaran *problem base learning* dengan menggali informasi dari berbagai sumber belajar, dan mengolah informasi, diharapkan siswa terlibat secara aktif, mandiri dan kelompok selama proses belajar mengajar, memiliki sikap **ingin tahu, teliti** dalam melakukan pengamatan dan **bertanggungjawab** dalam menyampaikan pendapat, menjawab pertanyaan, memberi saran dan kritik, serta dapat mendeskripsikan proses pembentukan minyak bumi, proses pengolahan minyak bumi, menyebutkan kegunaan masing-masing fraksi hasil pengolahan minyak bumi, serta menjelaskan mutu bensin.

MINYAK BUMI

b. Uraian Materi

Di Indonesia terdapat berbagai jenis kendaraan bermotor, seperti premium, pertalite, pertamax, solar. Berasal darimanakah jenis bahan bakar tersebut? Bagaimana proses terbentuknya bahan bakar kendaraan bermotor? Untuk lebih memahami minyak bumi, ayokita pelajari bab ini!

Minyak bumi merupakan komoditi hasil tambang yang sangat besar peranannya dalam perekonomian Indonesia. Minyak bumi merupakan campuran dari berbagai senyawa. Penyusun utama minyak bumi adalah hidrokarbon, terutama alkana, sikloalkana, dan senyawa aromatis. Penampakan fisik minyak bumi sangat beragam, tergantung dari komposisinya.



Pada umumnya, minyak bumi yang baru dihasilkan dari sumur pengeboran berupa lumpur berwarna hitam atau cokelat gelap, meskipun ada juga minyak bumi yang berwarna kekuningan, kemerahan, atau kehijauan. Minyak hasil pengeboran ini disebut minyak mentah (*crude oil*). Komposisi penyusun minyak bumi selengkapnya dapat dilihat pada tabel berikut.

Jenis Senyawa	Jumlah (Persentase)	Contoh
Hidrokarbon	90 – 99 %	Alkana, sikloalkana, dan aromatis
Senyawa belerang	0,1 – 7 %	Tioalkana (R – S – R) Alkanatiol (R – S – H)
Senyawa nitrogen	0,01 – 0,9 %	Pirol (C ₄ H ₅ N)
Senyawa oksigen	0,01 – 0,4 %	Asam Karboksilat
Organologam	Sangat kecil	Senyawa logam nikel

1) Proses Terjadinya Minyak Bumi

Salah satu teori terjadinya minyak bumi adalah teori “dupleks”. Menurut teori ini, minyak bumi terbentuk dari penguraian senyawa-senyawa organik dari jasad mikroorganisme jutaan tahun yang lalu di dasar laut atau di darat. Sisa-sisa tumbuhan dan hewan tersebut tertimbun oleh endapan pasir, lumpur, dan zat-zat lain selama jutaan tahun dan mendapat tekanan serta panas bumi secara alami. Bersamaan dengan proses tersebut, bakteri pengurai merombak senyawa-senyawa kompleks dalam jasad organik menjadi senyawa-senyawa hidrokarbon. Proses penguraian ini berlangsung sangat lambat sehingga untuk membentuk minyak bumi dibutuhkan waktu yang sangat lama. Itulah sebabnya minyak bumi termasuk sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui, sehingga dibutuhkan kebijaksanaan dalam eksplorasi dan pemakaiannya.

Hasil peruraian yang berbentuk cair akan menjadi minyak bumi dan yang berwujud gas menjadi gas alam. Untuk mendapatkan minyak bumi ini dapat dilakukan dengan pengeboran. Beberapa bagian jasad renik mengandung minyak dan lilin. Minyak dan lilin ini dapat bertahan lama di dalam perut bumi. Bagian-bagian tersebut akan membentuk bintik-bintik, warnanya pun berubah menjadi cokelat tua. Bintik-bintik itu akan tersimpan di dalam lumpur dan mengeras karena terkena tekanan bumi. Lumpur tersebut berubah menjadi batuan dan terkubur semakin dalam di dalam perut bumi. Tekanan dan panas bumi secara alami akan mengenai batuan lumpur sehingga mengakibatkan batuan lumpur menjadi panas dan bintik-bintik di dalam batuan mulai mengeluarkan minyak kental yang pekat. Semakin dalam batuan terkubur di perut bumi, minyak yang dihasilkan akan semakin banyak. Pada saat batuan lumpur mendidih, minyak yang dikeluarkan berupa minyak cair yang bersifat encer, dan saat suhunya sangat tinggi akan dihasilkan gas alam. Gas alam ini sebagian besar berupa metana.

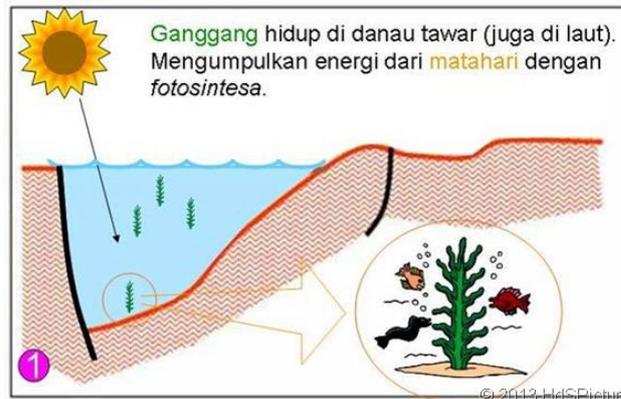
Sementara itu, saat lempeng kulit bumi bergerak, minyak yang terbentuk di berbagai tempat akan bergerak. Minyak bumi yang terbentuk akan terkumpul dalam pori-pori batu pasir atau batu kapur. Oleh karena adanya gaya kapiler dan tekanan di perut bumi lebih besar dibandingkan dengan tekanan di permukaan bumi, minyak bumi akan bergerak ke atas. Apabila gerak ke atas minyak bumi ini terhalang oleh batuan yang kedap cairan atau batuan tidak berpori, minyak akan terperangkap dalam batuan tersebut. Oleh karena itu, minyak bumi juga disebut *petroleum*. Petroleum berasal dari bahasa Latin, *petrus* artinya batu dan *oleum* yang artinya minyak.

Daerah di dalam lapisan tanah yang kedap air tempat terkumpulnya minyak bumi disebut cekungan atau antiklinal. Lapisan paling bawah dari cekungan ini berupa air tawar atau air asin, sedangkan lapisan di atasnya berupa minyak bumi bercampur gas alam. Gas alam berada di lapisan atas minyak bumi karena massa jenisnya lebih ringan daripada massa jenis minyak bumi. Apabila akumulasi minyak bumi di suatu cekungan

cukup banyak dan secara komersial menguntungkan, minyak bumi tersebut diambil dengan cara pengeboran. Minyak bumi diambil dari sumur minyak yang ada di pertambangan-pertambangan minyak. Lokasi-lokasi sumur-sumur minyak diperoleh setelah melalui proses studi geologi analisis sedimen karakter dan struktur sumber.

Berikut adalah proses pembentukan minyak bumi beserta gambar ilustrasi:

1. Ganggang hidup di danau tawar (juga di laut). Mengumpulkan energi dari matahari dengan fotosintesis.

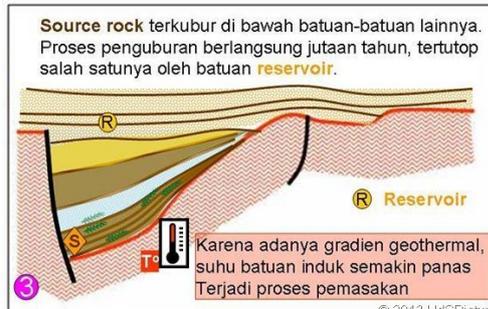


2. Setelah ganggang-ganggang ini mati, maka akan terendapkan di dasar cekungan sedimen dan membentuk batuan induk (*source rock*). Batuan induk adalah batuan yang mengandung karbon (*High Total Organic Carbon*). Batuan ini bisa batuan hasil pengendapan di danau, di delta, maupun di dasar laut. Proses pembentukan karbon dari ganggang menjadi batuan induk ini sangat spesifik. Itulah sebabnya tidak semua cekungan sedimen akan mengandung minyak atau gas bumi. Jika karbon ini teroksidasi maka akan terurai dan bahkan menjadi rantai karbon yang tidak mungkin dimasak.

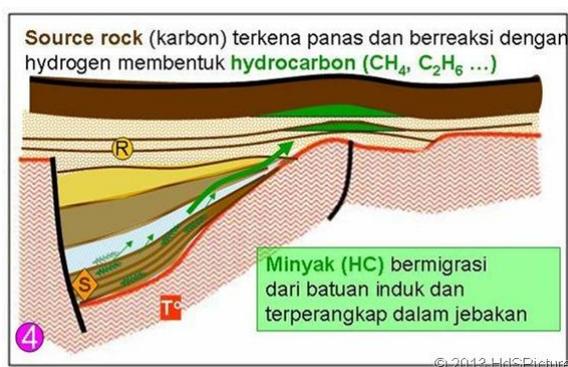


3. Batuan induk akan terkubur di bawah batuan-batuan lainnya yang berlangsung selama jutaan tahun. Proses pengendapan ini berlangsung terus menerus. Salah satu batuan yang menimbun batuan induk adalah batuan *reservoir* atau batuan sarang. Batuan sarang adalah batu pasir, batu gamping, atau batuan vulkanik yang tertimbun dan terdapat ruang berpori-pori di dalamnya. Jika daerah ini terus tenggelam dan terus ditumpuki oleh batuan-batuan lain di atasnya, maka batuan yang mengandung karbon ini akan terpanaskan. Semakin kedalam atau masuk amblas ke bumi, maka suhunya akan bertambah. Minyak terbentuk pada suhu antara 50 sampai 180 derajat

Celsius. Puncak atau kematangan terbagus akan tercapai bila suhunya mencapai 100 derajat Celsius. Ketika suhu terus bertambah karena cekungan itu semakin turun dalam yang juga diikuti penambahan batuan penimbun, maka suhu tinggi ini akan memasak karbon yang ada menjadi gas.



4. Karbon terkena panas dan bereaksi dengan hidrogen membentuk hidrokarbon. Minyak yang dihasilkan oleh batuan induk yang telah matang ini berupa minyak mentah. Walaupun berupa cairan, ciri fisik minyak bumi mentah berbeda dengan air. Salah satunya yang terpenting adalah berat jenis dan kekentalan. Kekentalan minyak bumi mentah lebih tinggi dari air, namun berat jenis minyak bumi mentah lebih kecil dari air. Minyak bumi yang memiliki berat jenis lebih rendah dari air cenderung akan pergi ke atas. Ketika minyak tertahan oleh sebuah bentuk batuan yang menyerupai mangkok terbalik, maka minyak ini akan tertangkap dan siap ditambang.

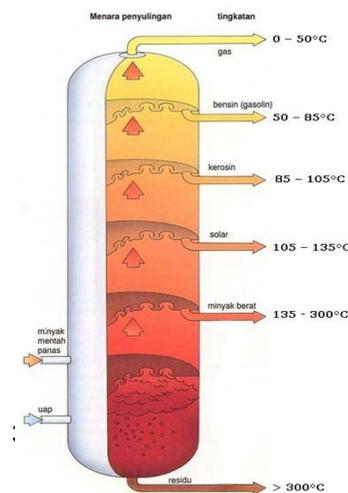


2) Proses Pengolahan Minyak Bumi

Minyak mentah (*crude oil*) tidak dapat langsung digunakan. Agar dapat dimanfaatkan, maka minyak bumi harus mengalami proses pengolahan dahulu. Pengolahan minyak bumi dilakukan pada kilang minyak melalui dua tahap. Pengolahan tahap pertama (*primary processing*) dilakukan dengan cara distilasi bertingkat dan pengolahan tahap kedua (*secondary processing*) dilakukan dengan berbagai cara.

Pengolahan tahap pertama

Pengolahan tahap pertama dilakukan dengan distilasi bertingkat, yaitu proses distilasi berulang-ulang sehinggadidapatkan berbagai macam hasil berdasarkan perbedaan titik didihnya. Hasil pada proses distilasi bertingkat ini meliputi dapat dilihat pada gambar skema berikut.



1. Fraksi pertama menghasilkan gas yang pada akhirnya dicairkan kembali dan dikenal dengan nama elpiji atau LPG (*Liquefied Petroleum Gas*). LPG digunakan untuk bahan bakar kompor gas dan mobil BBG atau diolah lebih lanjut menjadi bahan kimia lainnya.
2. Fraksi kedua disebut nafta (gas bumi). Nafta tidak dapat langsung digunakan tetapi diolah lebih lanjut pada tahap kedua menjadi bensin, kerosin, minyak tanah, dan berbagai produk kimia yang lain. Nafta sering disebut bensin berat. Selanjutnya, dibuat menjadi kerosin (minyak tanah) dan berbagai produk lainnya (seperti aviat jet).

4. Fraksi keempat sering disebut solar yang digunakan sebagai bahan bakar mesin diesel.
5. Fraksi kelima disebut juga minyak berat dan diolah menjadi minyak pelumas.
6. Residu yang berisi hidrokarbon rantai panjang dan dapat diolah lebih lanjut pada tahap kedua menjadi berbagai senyawa karbon lainnya, dan sisanya sebagai aspal dan parafin.

Pengolahan tahap kedua

Pada pengolahan tahap kedua, dilakukan berbagai proses lanjutan dari hasil penyulingan pada tahap pertama. Proses-proses tersebut meliputi:

1. Perengkahan (*cracking*)

Pada proses ini, dilakukan perubahan struktur kimia senyawa-senyawa hidrokarbon yang meliputi: pemecahan rantai, alkilasi (pembentukan gugus alkil), polimerisasi (penggabungan rantai karbon), reformasi (perubahan struktur), dan isomerisasi (perubahan isomer).

2. Proses ekstraksi

Pembersihan produk dengan menggunakan pelarut sehingga didapatkan hasil yang lebih banyak dan mutu lebih baik.

3. Proses kristalisasi

Proses pemisahan produk-produk melalui perbedaan titik cairnya. Misalnya, dari pemurnian solar melalui proses pendinginan, penekanan, dan penyaringan akan diperoleh produk sampingan lilin.

4. Pembersihan dari kontaminasi (*treating*)

Pada proses sebelumnya, sering terjadi kontaminasi (pengotoran). Kotoran ini harus dibersihkan dengan cara menambahkan soda kaustik (NaOH), tanah liat atau proses hidrogenasi.

Hasil proses tahap kedua ini dapat dikelompokkan berdasarkan titik didih dan jumlah atom karbon pembentuk rantai karbonnya.

Titik didih	Jumlah atom karbon	Kegunaan
< 20 °C	C ₁ – C ₄	Bahan bakar gas, dikenal sebagai LPG Bahan baku pembuatan berbagai produk petrokimia
20 – 60 °C	C ₅ – C ₆	Dikenal sebagai petroleum eter, merupakan pelarut non-polar, digunakan sebagai cairan pembersih
60 – 100 °C	C ₆ – C ₇	Ligrolin atau nafta, pelarut non-polar, dan cairan pembersih
40 – 200 °C	C ₅ – C ₁₀	Bensin sebagai bahan bakar minyak
175 – 325 °C	C ₁₂ – C ₁₈	Kerosin (minyak tanah), avtur
250 – 400 °C	C ₁₂ ke atas	Solar, minyak diesel
Zat cair	C ₂₀ ke atas	Oli, pelumas
Zat padat	C ₂₀ ke atas	Lilin parafin, aspal ter

BENSIN

Hasil pengolahan minyak bumi umumnya digunakan sebagai bahan bakar. Bensin merupakan salah satu bahan bakar hasil pengolahan minyak bumi yang penting. Saat ini ada beberapa jenis bensin yang beredar di pasaran diantaranya premium, pertamax, dan pertamax plus.

Mutu bensin ditentukan oleh efektifitas pembakarannya di dalam mesin. Bensin yang baik tidak menimbulkan ketukan (*knocking*) pada mesin. Ketukan pada mesin terjadi bila bensin terbakar tidak pada saat yang tepat, sehingga akan mengganggu gerakan piston pada mesin.

Angka yang digunakan untuk menunjukkan mutu bensin ini disebut angka oktan atau bilangan oktana. Semakin tinggi angka oktan bensin, semakin baik mutu bensin tersebut. Penentuan angka oktan suatu bahan bakar dilakukan dengan pengujian di laboratorium, yaitu dengan membandingkan efisiensi pembakarannya dengan bensin standar.

Bensin standar yang mengandung 100 % isooktana diberi angka oktan 100, sedangkan yang mengandung 100% *n*-heptana diberi angka oktan 0. Jadi, bensin standar yang mempunyai angka oktan 60 artinya mengandung 60% isooktana dan 40% *n*-heptana. Alkohol yang mempunyai angka oktan 112, bukan berarti bahwa alkohol tersebut mengandung isooktana 112%. Akan tetapi, alkohol tersebut mempunyai efisiensi pembakaran 12% di atas bensin standar yang berkadar isooktana 100%. Jadi, jika suatu bahan bakar mempunyai angka oktan 80 berarti mutu (kualitas) pembakarannya setara dengan bensin standar yang mengandung 80% isooktana dan 20% *n*-heptana.

Bensin yang dihasilkan dari proses penyulingan mempunyai angka oktan 70 – 80. Peningkatan angka oktan dapat dilakukan dengan berbagai cara, salah satunya dengan menambahkan TEL (*Tetra Ethyl Lead*) dengan rumus kimia $Pb(C_2H_5)_4$. Cara ini efektif, tetapi timbal sisa pembakarannya dapat mengendap di mesin. Oleh karena itu, perlu ditambahkan senyawa 1,2-dibromoetana ($C_2H_4Br_2$), yang nanti akan mengikat timbal menjadi $PbBr_2$ yang mudah menguap. Adanya $PbBr_2$ yang berasal dari bensin menimbulkan masalah pencemaran.

c. Rangkuman

- 1) Penyusun utama minyak bumi adalah hidrokarbon, terutama alkana, sikloalkana, dan senyawa aromatis.
- 2) Minyak bumi umumnya bersumber di wilayah lepas pantai sampai laut dalam, karena pembentukan fosil berasal dari hewan laut.
- 3) Pengolahan minyak bumi dilakukan pada kilang minyak melalui dua tahap. Pengolahan tahap pertama (*primary processing*) dilakukan dengan cara distilasi bertingkat dan pengolahan tahap kedua (*secondary processing*) dilakukan dengan berbagai cara.

- 4) Proses pengolahan tahap kedua meliputi: perengkahan (*cracking*), ekstraksi, kristalisasi, dan pembersihan dari kontaminasi (*treating*).
- 5) Angka yang digunakan untuk menunjukkan mutu bensin ini disebut angka oktan atau bilangan oktana.

d. Tugas

1. Jelaskan proses terbentuknya minyak bumi menurut teori dupleks?
2. Sebutkan hasil proses distilasi bertingkat minyak bumi berdasarkan fraksi-fraksinya!
3. Mungkinkah suatu bahan bakar mempunyai angka oktan 110? Jelaskan!
4. Mengapa mesin kendaraan dapat cepat aus bila menggunakan bensin dengan angka oktan rendah?
5. Bagaimana cara meningkatkan angka oktan selain dengan penambahan TEL?

e. Tes Formatif

1. Penyusun utama minyak bumi adalah senyawa ...
 - A. Alkana dan sikloalkana
 - B. Organo logam
 - C. Belerang
 - D. Alkanatriol
 - E. Sikloheksana
2. Fraksi minyak bumi yang digunakan sebagai bahan bakar dengan angka oktan tinggi adalah
 - A. Kerosin
 - B. Residu
 - C. Solar
 - D. Bensin
 - E. Bitumen
3. Fraksi minyak bumi hasil distilasi bertingkat yang mempunyai titik didih paling rendah adalah
 - A. LPG
 - B. Oli
 - C. Bensin
 - D. Aspal
 - E. Solar
4. Proses knocking atau ketukan pada mesin disebabkan oleh ...
 - A. Pembakaran bahan bakar yang tidak sempurna
 - B. Pembakaran bahan bakar yang tidak tepat waktu
 - C. Pembakaran yang kelebihan bahan bakar sehingga tidak sempurna
 - D. Pengapian kendaraan yang tidak baik sehingga tidak efisien
 - E. Proses ausnya mesin karena pemakaian yang berlebihan

5. Bensin standar dengan angka oktan 80 mempunyai komposisi
- A. 80% isooktana dan 20% *n*-heptana
 - B. 80% *n*-heptana dan 20% isooktana
 - C. 80% *n*-oktana dan 20% *n*-heptana
 - D. 80% *n*-oktana dan 20% isooktana
 - E. 80% *n*-heksana dan 20% isooktana

f. Kunci Jawaban Tes Formatif

1. A
Penyusun utama hidrokarbon adalah alkana, sikloalkana, dan aromatis sebesar 90 – 99 %
2. D
Bensin digunakan sebagai bahan bakar dengan angka oktan tinggi
3. A
LPG memiliki titik didih < 20 °C
4. B
Proses knocking atau ketukan pada mesin disebabkan oleh pembakaran bahan bakar yang tidak tepat waktu karena kualitas bahan bakar yang digunakan tidak memiliki kualitas yang baik
5. A
Angka oktan menunjukkan kandungan isooktana pada bahan bakar. Angka oktan 80 mempunyai komposisi 80% isooktana dan 20% *n*-heptana

g. Lembar Kerja Keterampilan

Buatlah kelompok yang terdiri dari 4-5 orang. Amati berbagai fraksi minyak bumi yang kamu jumpai di sekitarmu, seperti bensin, minyak tanah, aspal, paraffin, lilin, dan lainnya. Amati sifat-sifatnya yang khas. Kamu juga bisa mencari melalui referensi lain.

No	Fraksi	Sifat Khas	Penggunaan	Keterangan

4. Kegiatan Belajar 4 – Reaksi Pembakaran Minyak Bumi

a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran

Melalui model pembelajaran *problem base learning* dengan menggali informasi dari berbagai sumber belajar, dan mengolah informasi, diharapkan siswa terlibat secara aktif, mandiri dan kelompok selama proses belajar mengajar, memiliki sikap **ingin tahu, teliti** dalam melakukan pengamatan dan **bertanggungjawab** dalam menyampaikan pendapat, menjawab pertanyaan, memberi saran dan kritik, serta dapat menganalisis dampak pembakaran senyawa hidrokarbon terhadap lingkungan dan kesehatan, menjelaskan cara mengatasi dampak lingkungan akibat pembakaran senyawa hidrokarbon.

b. Uraian Materi

PEMBAKARAN MINYAK BUMI

Pernahkah berada di belakang kendaraan bermotor? Apa yang dirasakan jika kita berada di belakang kendaraan bermotor? Atau pernahkah melihat asap pada cerobong asap pada suatu pabrik? Bagaimana asap tersebut dapat dihasilkan?

Dalam beberapa dasawarsa terakhir, telah disadari bahwa penggunaan bahan bakar fosil menyebabkan masalah pencemaran lingkungan khususnya pencemaran udara. Berikut ini akan kita bahas beberapa aspek yang berkaitan dengan pencemaran udara akibat penggunaan bahan bakar fosil. Hasil analisis asap kendaraan bermotor ditunjukkan pada tabel berikut.



Gas	% volume
Nitrogen	78
Karbon dioksida	9
Karbon monoksida	6
Oksigen	4
Hidrogen	2
Hidrokarbon	0,2
Oksida nitrogen	0,05 – 0,4
Belerang dioksida	0,006

Pada suhu rendah, oksigen dan nitrogen tidak bereaksi. Akan tetapi, tingginya suhu dalam mesin kendaraan dan pengaruh loncatan bunga api listrik dari busi, membuat keduanya saling bereaksi. Setelah keluar dari knalpot kendaraan, nitrogen monoksida kemudian bereaksi dengan udara (oksigen) membentuk nitrogen dioksida.

Gas-gas yang terdapat dalam asap kendaraan bermotor banyak yang dapat menimbulkan kerugian, diantaranya adalah CO_2 , CO , hidrokarbon, oksida nitrogen, dan oksida belerang.

1) Karbon dioksida (CO_2)

Sebenarnya, karbon dioksida tidak berbahaya bagi manusia. Akan tetapi, karbon dioksida tergolong gas rumah kaca, sehingga peningkatan kadar CO_2 di udara dapat mengakibatkan peningkatan suhu permukaan bumi (pemanasan global). Pemanasan global dapat mempengaruhi iklim, mencairkan es abadi di kutub dan berbagai rangkaian akibat lainnya.



2) Karbon monoksida (CO)

Gas karbon monoksida tidak berwarna dan tidak berbau, sehingga keberadaannya tidak segera diketahui. Gas itu bersifat racun, dapat menimbulkan rasa sakit pada mata, saluran pernapasan, dan paru-paru. Bila masuk ke dalam darah melalui pernapasan, CO bereaksi dengan hemoglobin dalam darah membentuk COHb (karboksihemoglobin). Seperti kita ketahui, hemoglobin ini seharusnya bereaksi dengan oksigen menjadi O_2Hb (oksihemoglobin) dan membawa oksigen yang diperlukan oleh sel-sel tubuh. Akan tetapi, afinitas CO terhadap Hb sekitar 300 kali lebih besar daripada O_2 . Bahkan Hb yang telah mengikat oksigen dapat diserang oleh CO . Jadi, CO menghalangi fungsi vital Hb untuk membawa oksigen bagi tubuh.



Ambang batas CO di udara sebesar 20 ppm. Udara dengan kadar CO lebih 100 ppm akan menimbulkan sakit kepala dan gangguan pernafasan. Kadar yang lebih tinggi lagi dapat menimbulkan kematian.

3) Oksida belerang (SO_2 dan SO_3)

Belerang dioksida apabila terhisap oleh pernapasan akan bereaksi dengan air dalam saluran pernafasan dan membentuk asam sulfit yang akan merusak jaringan dan menimbulkan rasa sakit. Apabila SO_3 yang terisap, maka yang terbentuk adalah asam sulfat dan asam ini lebih berbahaya. Oksida belerang dapat pula larut dalam air hujan dan menyebabkan hujan asam.



4) Oksida nitrogen (NO dan NO_2)

Campuran NO dan NO_2 sebagai bahan pencemar biasa ditandai dengan lambang NO_x . Ambang batas NO_x di udara adalah 0,05 ppm. NO_x di udara tidak beracun (secara langsung) pada manusia, tetapi NO_x ini bereaksi dengan bahan-bahan pencemar lain dan menimbulkan fenomena asbut (asap-kabut) atau *smog* (*smoke*

and fog). Asbut menyebabkan berkurangnya jarak pandang, iritasi pada mata dan saluran pernafasan, menjadikan tanaman layu, dan menurunkan kualitas materi.

5) Partikel timah hitam

Senyawa timbel dari udara dapat mengendap pada tanaman sehingga bahan makanan terkontaminasi. Keracunan timbel yang ringan menyebabkan sakit kepala, mudah teriritasi, mudah lelah, dan depresi. Keracunan yang lebih hebat menyebabkan kerusakan otak, ginjal, dan hati.

Berikut ini cara mengatasi dampak pembakaran bahan bakar terhadap lingkungan:

- 1) Melarang dan mengurangi penggunaan bensin yang mengandung timbal (Pb).
- 2) Pemeliharaan alat pembakar, seperti knalpot kendaraan dan kompor rumah tangga sehingga proses pembakaran lebih sempurna.
- 3) Memerhatikan kualitas bahan bakar dengan menurunkan kadar sulfur, sehingga pada saat pembakaran mengeluarkan sulfur oksida lebih sedikit. Makin baik kualitas bahan bakar makin baik daya bakarnya, sehingga akan mengurangi polusi.
- 4) Mengganti bahan bakar dengan bahan bakar alternatif nonpetroleum, seperti metanol, etanol, gas alam yang dimampatkan atau gas petroleum cair, dan hidrogen atau baterai listrik yang dapat menghapus pencemaran oleh pipa knalpot.
- 5) Mengoksidasi bahan bakar dengan menambahkan alkohol membentuk gasohol (bensin dan alkohol). Bahan bakar ini terbakar lebih sempurna sehingga dapat menurunkan emisi karbon monoksida.
- 6) Mengadakan bahan bakar alternatif yang membakar lebih bersih dari bensin dan minyak diesel yang berupa campuran berwawasan lingkungan.
- 7) Menggalakan penggunaan kendaraan dengan bahan bakar gas alam
- 8) Memperbaiki mutu kendaraan bermotor, diantaranya dengan mengembangkan sarana untuk memanaskan katalis sehingga mesin kendaraan dapat hidup lebih cepat dan pencemaran berkurang.
- 9) Menggunakan tenaga baterai
- 10) Penggunaan turbin putar gabungan
- 11) Memanfaatkan turbin angin dan sel tenaga matahari dengan tingkat pencemaran nol.
- 12) Melakukan penghematan energi listrik

Mengingat dampak yang ditimbulkan dan terbatasnya sumber tambang minyak di dunia ini, maka mulai sekarang dicari energi alternatif lain seperti:

- 1) licol /batu bara yang dibersihkan
- 2) biodiesel dari minyak jarak
- 3) biodiesel (etanol dari tebu, minyak jagung, minyak kelapa sawit)
- 4) biogas dari kompos/kotoran hewan
- 5) tenaga nuklir

- 6) tenaga panas bumi /geothermal
- 7) tenaga air terjun
- 8) tenaga gelombang air laut
- 9) tenaga angin
- 10) tenaga surya

c. Rangkuman

- 1) Gas-gas yang terdapat dalam asap kendaraan bermotor banyak yang dapat menimbulkan kerugian, diantaranya adalah CO_2 , CO, hidrokarbon, oksida nitrogen, dan oksida belerang.
- 2) Besarnya dampak pembakaran bahan bakar bagi lingkungan maka diterapkan aturan seperti melarang dan mengurangi penggunaan bensin yang mengandung timbal (Pb), pemeliharaan alat pembakar, seperti knalpot kendaraan dan kompor rumah tangga sehingga proses pembakaran lebih sempurna.
- 3) Dampak yang ditimbulkan dari hasil pembakaran minyak bumi dan terbatasnya sumber tambang minyak di dunia ini, maka diterapkanlah energi alternatif.

d. Tugas

- 1) Jelaskan mengapa asap buang kendaraan bermotor mengandung CO_2 , CO, oksida belerang, oksida nitrogen dan partikel timah hitam?
- 2) Jelaskan dengan singkat apa yang dimaksud dengan :
 - a) Efek rumah kaca
 - b) Pemanasan global
 - c) Hujan asam
- 3) Apa yang dimaksud dengan biodiesel?

e. Tes Formatif

1. Bahaya gas karbon monoksida terhadap manusia adalah
 - a. mempercepat perkaratan logam
 - b. mengurangi kadar CO_2 di udara
 - c. merusak lapisan ozon
 - d. menyebabkan hujan asam
 - e. mudah bereaksi dengan haemoglobin
2. TEL yang digunakan sebagai zat aditif pada bensin, dianggap berbahaya karena dapat menyebabkan ...
 - a. pencemaran CO
 - b. pencemaran CO_2
 - c. pencemaran timbal
 - d. pencemaran NO
 - e. hujan asam
3. Gas yang dapat menyebabkan terjadinya efek rumah kaca adalah
 - a. NO
 - b. NO_2
 - c. CO
 - d. CO_2
 - e. CH_4
4. Pencemaran udara dapat mengakibatkan seseorang pingsan, hal ini terjadi karena
 - a. gas SO_2 terlalu banyak di udara
 - b. darah kekurangan gas CO
 - c. hemoglobin darah lebih banyak mengikat CO
 - d. terbentuknya NO dari pembakaran bensin
 - e. darah kekurangan CO_2
5. Di daerah industri udara dapat mengandung gas-gas polutan. Berikut pasangan gas yang dapat menyebabkan terjadinya korosi adalah
 - a. SO_2 dan SO_3
 - b. SO_2 dan O_2
 - c. O_2 dan N_2
 - d. CO dan N_2
 - e. CO_2 dan CO

f. Kunci Jawaban Tes Formatif

1. E
bereaksi dengan hemoglobin dalam darah membentuk COHb (karboksihemoglobin), sehingga CO menghalangi fungsi vital Hb untuk membawa oksigen bagi tubuh.
2. C
TEL yang digunakan sebagai zat aditif pada bensin mengandung timbal sehingga dilarang penggunaannya
3. D
Peningkatan kadar CO₂ di udara dapat mengakibatkan peningkatan suhu permukaan bumi (pemansan global)
4. C
Udara dengan kadar CO lebih 100 ppm akan menimbulkan sakit kepala dan gangguan pernafasan. Kadar yang lebih tinggi lagi dapat menimbulkan kematian.
5. A
SO₃ dan SO₂ merupakan gas yang dapat menyebabkan terjadinya korosi karena dapat mengakibatkan hujan asam saat bereaksi dengan air

g. Lembar Kerja Keterampilan

Pengujian Bensin Murni dan Campuran

- A. Tujuan
Menguji secara fisik bensin murni dan campuran berdasarkan perbedaan masa jenis
- B. Alat dan Bahan
 1. Tabung reaksi
 2. Bensin murni
 3. Akuades
 4. Minyak tanah
 5. Air sabun
- C. Cara kerja
 1. Sediakan 3 tabung reaksi
 2. Masukkan bensin murni pada tabung 1, campuran bensin dan minyak tanah pada tabung 2, minyak tanah pada tabung 3
 3. Amati apakah tabung 2 tercampur secara sempurna
 4. Tambahkan air sabun pada tabung 2 dan 3, kemudian tutup dan kocok. Amati apakah tercampur secara sempurna
 5. Diamkan beberapa menit dan amati ketiga tabung tersebut

5. Kegiatan Belajar 5 – Termokimia

a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran

Melalui pembelajaran ini, diharapkan peserta didik dapat membedakan reaksi eksoterm dan reaksi endoterm berdasarkan hasil percobaan dan diagram tingkat energi serta dapat merancang, melakukan, menyimpulkan serta menyajikan hasil percobaan reaksi eksoterm dan reaksi endoterm dengan **sikap penuh religius, ketelitian, proaktif, tanggung jawab, kerja keras dan menerima pendapat orang lain.**

b. Uraian Materi

Termokimia adalah ilmu yang mempelajari reaksi [kimia](#) dan perubahan energi yang terlibat. Dalam mempelajari termokimia, diperlukan definisi “sistem” dan “lingkungan”. Sistem adalah segala sesuatu yang menjadi fokus perhatian kita. Lingkungan adalah segala sesuatu selain sistem.

Sistem adalah bagian dari semesta yang merupakan fokus kajian atau yang menjadi pusat pengamatan, sedangkan lingkungan merupakan hal-hal yang berada di luar sistem yang membatasi sistem dan dapat mempengaruhi sistem. Contohnya ialah dalam reaksi antara [urea](#) dan air di dalam sebuah botol tertutup, maka air dan urea di dalam botol tersebut (serta sedikit udara) merupakan sistem dan dinding botol (serta tutupnya) merupakan lingkungan.

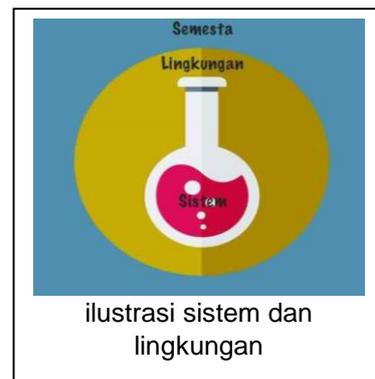
Contoh lainnya ialah pada saat mengamati sup yang direbus hingga mendidih, maka isi sup di dalam panci merupakan sistem, sedangkan udara di bagian permukaan air dan dinding panci merupakan lingkungan. Pada ban mobil, jika pengamatan kita fokus pada udara di dalam ban mobil, maka karet ban dan aspal merupakan lingkungan.

Sementara itu sistem sendiri terbagi menjadi tiga, yakni: sistem terbuka, sistem tertutup dan sistem terisolasi. Berikut ini pengertiannya:

1) Sistem terbuka

Sistem terbuka adalah kondisi dimana memungkinkan terjadinya pertukaran materi dan energi dari sistem ke lingkungan ataupun sebaliknya.

Contoh ketika kamu membuat teh panas dengan bagian atas gelas terbuka, maka ini termasuk dalam sistem terbuka, sebab materi dapat bertambah (dengan penambahan gula) dan berkurang (dengan menguapnya air). Energi yang ada di dalam gelas juga dapat bertambah dan berkurang dengan bebas, baik itu hilangnya panas karena radiasi maupun karena terserap udara di permukaan gelas.



2) Sistem tertutup

Sistem tertutup adalah kondisi dimana tidak mungkin terjadi pertukaran materi dari sistem ke lingkungan ataupun sebaliknya, tetapi masih mungkin terjadi pertukaran energi dari sistem ke lingkungan ataupun sebaliknya.

Contoh ketika kamu membuat teh panas dengan bagian atas tertutup rapat, maka ini termasuk dalam sistem tertutup, sebab materi di dalam panci tidak dapat bertambah ataupun berkurang. Sementara itu energi dapat bertambah ataupun berkurang melalui radiasi maupun induksi panas.

3) Sistem terisolasi

Sistem Terisolasi adalah kondisi dimana tidak mungkin terjadi pertukaran materi dan energi dari sistem ke lingkungan ataupun sebaliknya.

Contoh ketika kamu menyimpan teh panas di dalam termos yang tertutup rapat, maka ini termasuk dalam sistem terisolasi (sangat populer di negara 4 musim). Sebab pada kondisi ini materi dan energi di dalam termos sup tidak akan dapat berkurang maupun bertambah. Seperti yang kalian ketahui bahwa panas di dalam termos tidak akan berkurang walaupun lingkungannya dingin pun tidak akan bertambah ketika temperatur

di luar tinggi.

Walaupun pada kenyataannya tidak ada sistem yang terisolasi sempurna, namun di dalam ilmu kimia (dan fisika), kondisi dimana minimum energi yang keluar-masuk seperti pada termos diasumsikan sebagai terisolasi.



Entalpi reaksi

Dalam termokimia, istilah yang paling sering digunakan adalah entalpi yang biasa dilambangkan dengan (H). Entalpi reaksi merupakan banyaknya panas yang terlibat dalam suatu reaksi kimia dimana reaksi tersebut dilakukan dalam suatu keadaan tertentu. Entalpi (H) yang merupakan jumlah total energi kalor yang dimiliki oleh suatu zat, besarnya tidak dapat diukur, yang dapat diukur hanyalah perubahannya saja (ΔH). Perubahan entalpi (ΔH) merupakan penambahan atau pengurangan energi suatu zat dalam suatu proses perubahan energi yang berlangsung pada tekanan tetap.

Jenis-Jenis reaksi

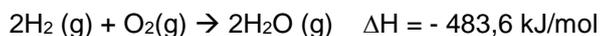
Berdasarkan perpindahan energinya atau perubahan entalpinya ada dua jenis reaksi:

- 1) Reaksi eksoterm merupakan reaksi yang melepaskan kalor dari sistem ke lingkungan, sehingga suhu lingkungan akan mengalami kenaikan. Dalam reaksi kimia yang melepaskan kalor, energi yang terkandung dalam sistem berkurang maka perubahan entalpi reaksinya

berharga negatif. Hal ini dikarenakan energi yang dilepaskan lebih besar daripada energi yang digunakan untuk reaksi.

$$\Delta H = H_{\text{produk}} - H_{\text{reaktan}} < 0$$

Contoh reaksi eksoterm salah satunya adalah reaksi pembentukan air dari hidrogen dan oksigen sebagai berikut :



Contoh reaksi eksoterm yang lain adalah :

- Reaksi pembakaran
- Reaksi netralisasi asam dan basa
- Reaksi kroosi seperti oksidasi logam
- Reaksi polimerisasi
- Respirasi
- Dekomposisi tumbuhan menjadi kompos

- 2) Reaksi endoterm merupakan reaksi yang menyerap atau menerima kalor. Pada reaksi ini terjadi perpindahan kalor dari lingkungan ke sistem, sehingga suhu lingkungan mengalami penurunan dan terasa dingin. Reaksi endoterm menyerap sejumlah energi sehingga energi sistem bertambah. Karena energi yang terkandung dalam sistem bertambah maka perubahan entalpi reaksinya akan bernilai positif.

$$\Delta H = H_{\text{produk}} - H_{\text{reaktan}} > 0$$

Salah satu contoh reaksi endoterm adalah reaksi pembentukan nitrogen oksida dari gas nitrogen dan oksigen sebagai berikut :



Contoh reaksi endoterm yang lain adalah :

- Fotosintesis
- *Cracking* alkana
- *Reaksi dekomposisi termal*
- Es batu meleleh

Persamaan termokimia merupakan persamaan reaksi yang disertai informasi tentang jumlah mol zat pereaksi dan hasil reaksi (ditunjukkan oleh koefisien persamaan reaksi) dan perubahan entalpi yang menyertai reaksi tersebut. Aturan penulisan persamaan termokimia, yaitu:

- a. Tuliskan persamaan reaksi lengkap dengan koefisien dan fasanya, kemudian tuliskan ΔH di ruas kanan (hasil reaksi).
- b. Jika persamaan kimia arahnya dibalikkan, nilai ΔH akan berubah tanda

Contoh:

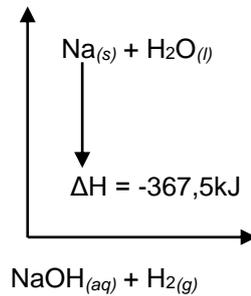
- $2\text{Na}_{(\text{s})} + 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})} \rightarrow 2\text{NaOH}_{(\text{aq})} + \text{H}_2(\text{g}) \quad \Delta H = -367,5 \text{ kJ}$
- $2\text{NaOH}_{(\text{aq})} + \text{H}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{Na}_{(\text{s})} + 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})} \quad \Delta H = +367,5 \text{ kJ}$
- $\text{NaHCO}_3(\text{aq}) + \text{HCl}_{(\text{aq})} \rightarrow \text{NaCl}_{(\text{aq})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})} + \text{CO}_2(\text{g}) \quad \Delta H = +11,8 \text{ kJ}$



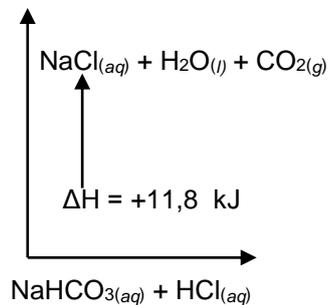
Untuk lebih Jelas tentang perbedaan reaksi eksoterm dan endoterm bisa dilihat pada link : <https://youtu.be/saXp7dVFc5s>

Diagram energi reaksi eksoterm dan endoterm

a. Reaksi eksoterm



b. Reaksi endoterm



Untuk lebih Jelas tentang reaksi eksoterm dan endoterm dapat dipelajari tentang percobaan sederhana reaksi eksoterm dan endoterm bisa dilihat pada link :

<https://youtu.be/5b1rnFQKz0?list=WL> atau bisa juga mempelajari percobaan sederhana reaksi endoterm

c. Rangkuman

1. Termokimia adalah bagian dari ilmu kimia yang mempelajari hubungan antara kalor (energi panas) dengan reaksi kimia atau proses-proses yang berhubungan dengan reaksi kimia.
2. Sistem adalah segala sesuatu yang menjadi pusat perhatian dalam mempelajari perubahan energi.
3. Sistem terbuka adalah suatu sistem yang memungkinkan terjadinya perpindahan kalor dan zat (materi) antara lingkungan dengan sistem.
4. Sistem tertutup adalah suatu sistem dimana antara sistem dan lingkungan dapat terjadi perpindahan kalor tetapi tidak dapat terjadi pertukaran materi.
5. Sistem terisolasi merupakan suatu sistem dimana tidak memungkinkan terjadinya perpindahan kalor dan materi antara sistem dan lingkungan
6. Energi dalam adalah energi total kinetik dan energi potensial yang ada di dalam sistem.
7. Reaksi eksoterm merupakan reaksi yang disertai dengan perpindahan kalor dari sistem ke lingkungan.
8. Reaksi endoterm adalah reaksi yang disertai perpindahan kalor dari lingkungan ke sistem
9. Persamaan termokimia merupakan persamaan reaksi yang disertai informasi tentang jumlah mol zat pereaksi dari hasil reaksi (ditunjukkan oleh koefisien reaksi), dan perubahan entalpi yang menyertai reaksi tersebut.

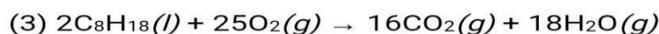
d. Tugas

1. Jelaskan apa perbedaan sistem dan lingkungan dan berikan contohnya!
2. Di dalam gelas kimia direaksikan amonium klorida padat dengan barium hidroksida padat sehingga dihasilkan barium klorida, air, dan gas amonia. Pada reaksi tersebut ternyata suhu sistem turun dari 25°C menjadi 12°C. Berdasarkan fakta tersebut:
 - a. Tunjukkan manakah yang menjadi sistem dan lingkungannya.
 - b. Tunjukkan apakah reaksi termasuk eksoterm atau endoterm
 - c. Buat diagram tingkat energinya.
3. Sebutkan masing-masing 2 contoh sistem terbuka, tertutup dan terisolasi!
4. Mengapa proses melelehnya es batu termasuk reaksi endoterm? Jelaskan!
5. Jika arang (karbon) dibakar dengan oksigen menjadi gas karbon dioksida, akan dilepaskan kalor sebesar 393,5 kJ/mol. Tuliskan persamaan termokimianya dan diagram energinya!

e. Tes Formatif

1. Ke dalam tabung reaksi yang berisi air dilarutkan urea padat. Ternyata pada tabung reaksi terasa dingin, yang termasuk sistem pada peristiwa itu adalah
 - a. Urea
 - b. Air
 - c. Urea dan air.
 - d. Air dan tabung reaksi
 - e. Urea, air, dan tabung reaksi
2. Ciri-ciri reaksi eksoterm adalah
 - a. Lingkungan menyerap kalor dari sistem.
 - b. Sistem menyerap kalor dari lingkungan
 - c. Sistem dan lingkungan memiliki kalor sama
 - d. Kalor sistem dan lingkungan jika dijumlahkan sama dengan nol
 - e. Pada akhir reaksi, kalor lingkungan selalu lebih kecil dari kalor system
3. Jika kapur tohor dilarutkan dalam air, akan menghasilkan panas. Pernyataan yang tepat untuk hal ini adalah
 - a. reaksi tersebut endoterm
 - b. entalpi sistem bertambah
 - c. entalpi sistem berkurang.
 - d. ΔH reaksi positif
 - e. reaksi memerlukan kalor
4. Sebuah Kristal KNO_3 dimasukkan ke dalam tabung reaksi kemudian ditetesi dengan air. Pada dasar tabung reaksi terasa dingin. Reaksi ini dapat digolongkan
 - a. Eksoterm, energi berpindah dari system ke lingkungan
 - b. Eksoterm, energi berpindah dari lingkungan ke system
 - c. Endoterm, energi berpindah dari system ke lingkungan
 - d. Endoterm, energi berpindah dari lingkungan ke system.
 - e. Endoterm, energi tidak berpindah
5. Jika suatu sendok serbuk seng dimasukkan ke dalam gas kimia yang berisi larutan HCl, ternyata terbentuk gelembung gas dan dasar tabung terasa panas, reaksi ini dapat digolongkan ..
 - a. Eksoterm, energi berpindah dari sistem ke lingkungan.
 - b. Eksoterm, energi berpindah dari lingkungan ke sistem
 - c. Endoterm, energi berpindah dari sistem ke lingkungan
 - d. Endoterm, energi berpindah dari lingkungan ke sistem
 - e. Endoterm, energi tidak berpindah

6. Perhatikan proses-proses yang terjadi dalam kehidupan sehari-hari berikut ini!
- (1) Pakaian basah menjadi kering setelah dijemur.
 - (2) Pembakaran gas elpiji.
 - (3) Logam/besi dilelehkan pada proses pengelasan.
 - (4) Perkaratan besi.
- Pasangan yang merupakan proses endoterm adalah
- a. (1) dan (2)
 - b. (1) dan (3).
 - c. (2) dan (3)
 - d. (2) dan (4)
 - e. (3) dan (4)
7. Pernyataan yang benar tentang reaksi endoterm adalah....
- a. Entalpi awal lebih besar daripada entalpi akhir dan $\Delta H > 0$
 - b. Entalpi awal lebih kecil daripada entalpi akhir dan $\Delta H > 0$.
 - c. Entalpi awal lebih besar daripada entalpi akhir dan $\Delta H < 0$
 - d. Entalpi awal lebih kecil daripada entalpi akhir dan $\Delta H < 0$
 - e. Entalpi awal sama dengan entalpi akhir dan $\Delta H = 0$
8. Suatu campuran pereaksi di dalam tabung reaksi menyebabkan tabung tersebut menjadi panas jika dipegang. Pernyataan yang tepat mengenai hal tersebut adalah....
- a. Entalpi pereaksi bertambah
 - b. Entalpi peraksi berkurang
 - c. Entalpi pereaksi dan hasil reaksi bertambah
 - d. Entalpi pereaksi lebih besar daripada entalpi hasil reaksi.
 - e. Entalpi hasil reaksi lebih besar daripada entalpi pereaksi
9. Manakah proses yang bersifat endoterm:
- a. Pembakaran bensin di dalam mesin mobil
 - b. Proses sublimasi $\text{CO}_2(\text{s}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g})$
 - c. Pembekuan air $\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{s})$
 - d. Pengembunan air menjadi hujan di awan $\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
 - e. Penggunaan molekul glukosa dalam tubuh manusia untuk memperoleh energy
10. Beberapa persamaan reaksi kimia dalam kehidupan sehari-hari.

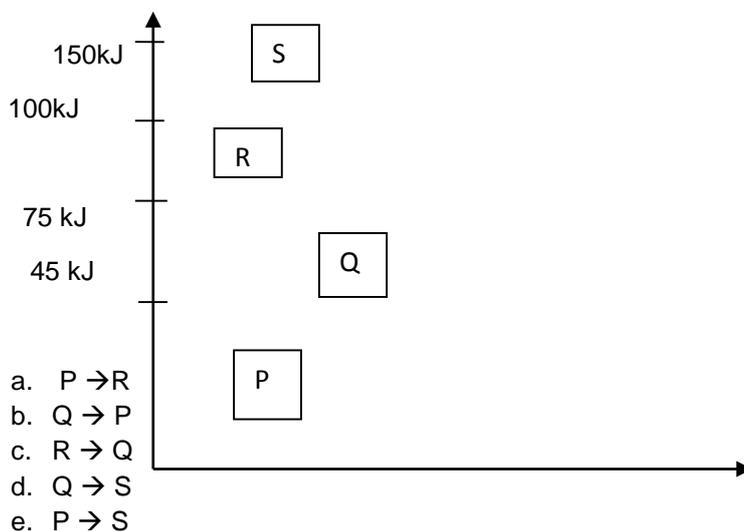


Pasangan persamaan reaksi endoterm terjadi pada nomor ...

- a. (1) dan (2)
- b. (2) dan (3)
- c. (2) dan (4)
- d. (3) dan (4)
- e. (4) dan (5)

Soal Essay

1. Bagaimanakah perpindahan energi antara sistem dan lingkungan pada:
 - a. Reaksi ekoterm
 - b. Reaksi endoterm
2. Perhatikan diagram entalpi berikut, kemudian tentukan nilai ΔH dan jenis reaksinya.



3. Di dalam gelas kimia direaksikan amonium klorida padat dengan barium hidoksida padat sehingga dihasilkan barium klorida, air dan gas amoniak. Pada reaksi tersebut ternyata suhu sistem turun dari 25°C menjadi 12°C . Jika diketahui entalpi awal reaksi sebesar 234 kJ dan setelah akhir reaksi entalpinya menjadi 315 kJ. Dari fakta tersebut:
 - a. Tunjukkan manakah yang menjadi sistem dan lingkungannya.
 - b. Perubahan entalpi
 - c. Tentukan apakah reaksi tersebut termasuk reaksi eksoterm atau reaksi endoterm
 - d. Buatlah diagram tingkat energinya.
 - e. Buatlah persamaan termokimianya.

f. Lembar Kerja Keterampilan

Secara berkelompok lakukan percobaan sederhana seperti yang ada pada link diatas dan buatlah vidio dari percobaan tersebut sertakan dengan pembahasan hasil percobaan.



Apabila anda sudah menjawab 75 jawaban benar, anda dapat melanjutkan ke materi selanjutnya. Jika masih kurang, sebaiknya mohon dipelajari kembali

g. Kunci Tes Formatif

- | | | | |
|----|---|-----|---|
| 1. | C | 6. | B |
| 2. | A | 7. | B |
| 3. | C | 8. | D |
| 4. | D | 9. | B |
| 5. | A | 10. | A |

- Sistem (yang menjadi pusat perhatian): reaksi dari amonium klorida dengan barium hidroksida menghasilkan barium klorida, air dan gas amoniak.
Lingkungan : perubahan suhu lingkungan dan gelas kimia
- Perubahan entalpi
Diketahui: Entalpi awal = 234 kJ
Entalpi akhir = 315 kJ
$$\Delta H = H_{\text{akhir}} - H_{\text{awal}}$$
$$= 315 \text{ kJ} - 234 \text{ kJ}$$
$$= + 71 \text{ kJ}$$
- Berdasarkan perubahan suhu lingkungan yang mengalami penurunan dan perubahan entalpi yang bernilai positif maka reaksi tersebut digolongkan ke dalam reaksi endoterm

6. Kegiatan Belajar 6 – Perubahan Entalpi

a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran

Melalui pembelajaran ini, diharapkan peserta didik dapat menentukan ΔH reaksi berdasarkan hukum Hess, data perubahan entalpi pembentukan standar, dan data energi ikatan serta merancang, melakukan, dan menyimpulkan serta menyajikan hasil percobaan penentuan ΔH suatu reaksi dengan **sikap penuh religius, ketelitian, tanggung jawab, kerja keras dan menerima pendapat orang lain.**

b. Uraian Materi



1) Perubahan Entalpi

Entalpi merupakan besaran fisis yang nilainya dipengaruhi oleh jumlah dan wujud zat, serta dipengaruhi oleh lingkungan (suhu dan tekanan). Pengukuran entalpi pada suhu dan tekanan yang berbeda akan menghasilkan nilai entalpi yang berbeda. Oleh karena itu, disepakati suatu keadaan standar, yaitu pada suhu 298 K dan tekanan 1 atm. Jadi, Perubahan entalpi standar adalah perubahan entalpi yang diukur pada 298 K dan tekanan 1 atm. Perubahan entalpi standar dibedakan berdasarkan jenis reaksi atau prosesnya.

a) Perubahan Entalpi Pembentukan Standar (ΔH_f°)

Perubahan entalpi pembentukan standar (Standard Enthalpy of Formation) merupakan perubahan entalpi yang terjadi pada pembentukan 1 mol suatu senyawa dari unsur - unsurnya yang paling stabil pada keadaan standar. Satuan perubahan entalpi pembentukan standar (ΔH_f°) menurut sistem Internasional (SI) adalah kilojoule per mol (kJ/mol).. Semakin kecil ΔH_f° , semakin stabil energi senyawa itu. Keadaan stabil untuk karbon adalah grafit (C_{grafit}), keadaan stabil untuk gas diatom, seperti O_2 , N_2 , H_2 , Cl_2 , dan lainnya. Contoh :

Perubahan entalpi pembentukan standar natrium klorida (garam dapur) adalah -413 kJ/mol.

Persamaan termokimianya adalah



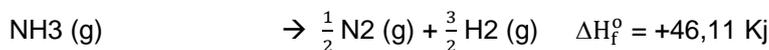
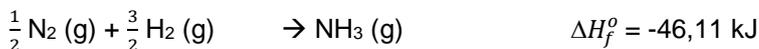
b) Perubahan Entalpi Penguraian Standar (ΔH_d°)

Perubahan entalpi peruraian standar (Standard Enthalpy of Decomposition) adalah perubahan entalpi yang terjadi pada penguraian 1 mol suatu senyawa menjadi unsur-unsurnya yang paling stabil pada keadaan standar. Pada dasarnya, perubahan entalpi peruraian standar merupakan kebalikan dari perubahan entalpi pembentukan standar, maka nilainya akan berlawanan tandanya.

Contoh :



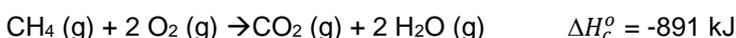
Perubahan entalpi pembentukan amonia adalah -46,11 kJ/mol maka entalpi penguraiannya adalah +46,11 kJ/mol.



c) Perubahan Entalpi Pembakaran Standar (ΔH_c°)

Perubahan entalpi pembakaran standar (Standard Enthalpy of Combustion) adalah perubahan entalpi yang terjadi pada pembakaran 1 mol suatu zat secara sempurna. Pembakaran merupakan reaksi suatu zat dengan oksigen.

Contoh :



2) Penentuan ΔH reaksi secara kalorimeter

Penentuan perubahan entalpi pada suatu reaksi kimia dapat dilakukan melalui eksperimen, biasanya digunakan alat seperti kalorimeter. Selain itu juga dapat dihitung menggunakan hukum Hess, data entalpi pembentukan standar dan energi ikatan.

Dalam suatu reaksi kimia, perubahan energi biasa dinyatakan sebagai perubahan kalor. Alat yang digunakan untuk mengukur kalor reaksi disebut kalorimeter. Ada dua macam kalorimeter yaitu kalorimeter bom dan kalorimeter termos.

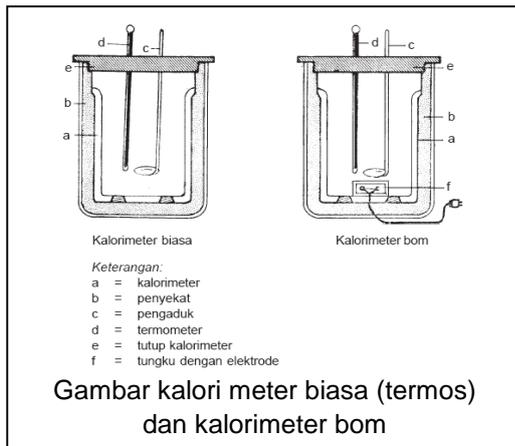
(a). Kalorimeter Bom (proses pada volume tetap)

(b). Kalorimeter bom terdiri atas suatu wadah baja yang kuat (bom) yang ditempati reaktan.

Bom itu diletakkan dalam penangas air yang disekat (diisolasi) serta dilengkapi dengan pengaduk dan termometer. Temperatur awal penangas dan pereaksi dalam bom diukur. Setelah terjadi reaksi, kalor yang dibebaskan diserap oleh bom dan penangas air sehingga temperatur alat secara keseluruhan terukur. Sebelum digunakan, kapasitas panas alat harus diukur terlebih dahulu dalam suatu eksperimen sendiri. Kalorimeter bom dapat digunakan dalam pengukuran yang sangat cermat.

(c). Kalorimeter termos (proses pada tekanan tetap)

(d). Kalorimeter termos kadang-kadang disebut kalorimeter gelas kopi. Disebut demikian karena kalorimeter termos menggunakan gelas kopi yang dibuat dari bahan stirobusa untuk mewadahi reaktan. Asas penggunaan kalorimeter termos sama dengan kalorimeter bom. Mula-mula reaktan direaksikan dalam gelas kopi. Kalor reaksi akan mengubah temperatur campuran reaksi. Setelah reaksi sempurna, temperatur akhir diukur. Reaksi sempurna ditandai dengan temperatur maksimum (konstan) yang terbaca oleh termometer. Dari perubahan temperatur dan nilai kapasitas panas campuran reaktan, besar kalor reaksi dapat diperkirakan.



Jika suatu reaksi yang terjadi pada kalorimeter berlangsung secara eksoterm, maka kalor sepenuhnya akan diserap oleh larutan di dalam gelas. Sebaliknya, jika reaksi tergolong endoterm, maka kalor itu diserap dari larutan di dalam gelas. Jadi, kalor reaksi sama dengan jumlah kalor yang diserap atau yang dilepaskan larutan di dalam gelas. Jumlah kalor yang diserap atau dilepaskan larutan dapat ditentukan dengan mengukur perubahan suhunya. Karena energi tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan, maka:

$$q_{\text{reaksi}} + q_{\text{larutan}} = 0$$

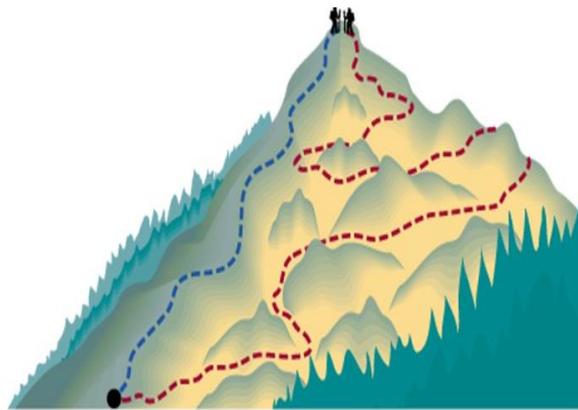
$$q_{\text{reaksi}} = -q_{\text{larutan}}$$

Sehingga penentuan ΔH reaksi permol adalah

$$\Delta H_{\text{reaksi}} = \frac{-q}{\text{mol}} \text{ kJ/mol}$$

3) Hukum Hess

“Pernahkan kalian mendaki pegunungan? Bagaimana perjalanan yang kalian rasakan? Baiklah, untuk mendaki gunung tersebut awalnya kalian berada di kaki gunung kemudian mendaki gunung hingga puncak gunung. Tetapi apakah rute perjalanan yang kalian jalani akan sama dengan pendaki gunung lain? Mungkin berbeda rute, ada yang mendaki gunung menggunakan rute sangat berkelok kelok dan ada yang menggunakan rute sedikit landai. Seperti gambar berikut.



Dari gambar tersebut terlihat bahwa terdapat 2 pendaki gunung yang mendaki gunung ke puncak gunung menggunakan rute jalan yang berbeda. Pendaki 1 menggunakan jalan disebelah kiri (yang ditandai dengan jalur berwarna biru) sedangkan pendaki yang ke-2 menggunakan jalan di sebelah kanan (yang ditandai dengan jalur yang berwarna merah). Bagaimana dengan jarak perpindahan yang terjadi? Sama atau bedakah?

Tahukah kalian bahwa walaupun berbeda rute perjalanan jarak tempuh atau perpindahan yang terjadi diantara keduanya adalah sama. Perbedaan dari kedua cara di atas hanya terletak pada proses perjalanannya, tetapi awalnya sama-sama berawal dari kaki gunung dan mencapai puncak gunung yang

sama pula. Sama halnya dengan pendakian gunung tersebut, reaksi kimia juga dapat berlangsung dalam tahap-tahap yang berbeda, ada yang dapat dilangsungkan dengan satu tahap, dua tahap, atau lebih. Namun tetap sama perubahannya. Hal tersebutlah yang dinamakan Hukum Hess. **Hukum Hess** berbunyi **“Bila reaktan diubah menjadi produk, perubahan entalpinya sama, apakah reaksi berlangsung dalam satu tahap atau dalam beberapa tahap”**. Atau dengan kata lain ΔH hanya bergantung pada keadaan awal dan keadaan akhir.

Hukum Hess adalah suatu hukum yang berkaitan dengan termokimia. Hukum Hess dikemukakan oleh **Germain Henry Hess** pada tahun 1840, yang didasarkan pada fakta bahwa entalpi adalah fungsi keadaan. Artinya, perubahan panas/kalor dari suatu reaksi hanya bergantung pada keadaan awal dan keadaan akhir dari suatu reaksi tersebut serta tidak ditentukan oleh cara yang ditempuh dari keadaan awal menuju ke keadaan akhir. Berikut ini bunyi hukum Hess.

Sekilas Kimia

Germain Henri Hess (1802–1850)



Sumber: www.chemistryexplained.com

Germain Henri Hess dewasa ini dikenal melalui dua prinsip dasar dalam termokimia yang diusulkannya, yaitu hukum kekekalan penjumlahan kalor (hukum Hess) dan hukum Termoneutrality. Hess lahir pada 8 Agustus 1802 di Geneva, Swiss. Selain sebagai ilmuwan, Hess juga aktif sebagai guru dan menulis buku dengan judul *Fundamental of Pure Chemistry*. Buku ini digunakan sebagai buku teks standar sampai dengan 1861 di Rusia. Hess meninggal pada 13 Desember 1850, pada usia yang relatif muda, 48 tahun karena sakit.

“Kalor suatu reaksi secara keseluruhan selalu sama, tidak dipengaruhi apakah reaksi itu dilakukan secara langsung atau tidak langsung dan lewat tahap-tahap lainnya”

Penentuan ΔH reaksi menggunakan Hukum Hess



Hukum Hess memiliki pemahaman yang sama dengan hukum kekekalan energi, yang juga dipelajari di hukum pertama termodinamika. Hukum Hess dapat digunakan untuk mencari energi keseluruhan yang digunakan untuk melangsungkan suatu reaksi. Perhatikan diagram berikut.

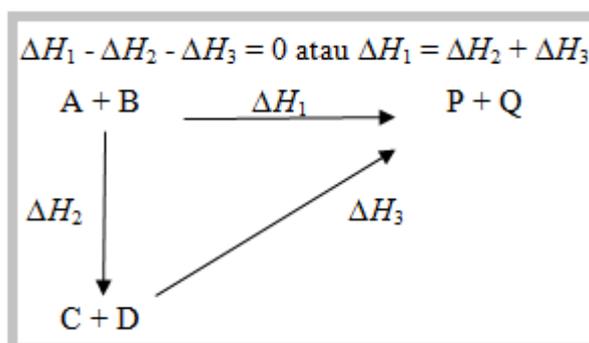
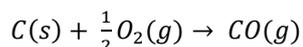


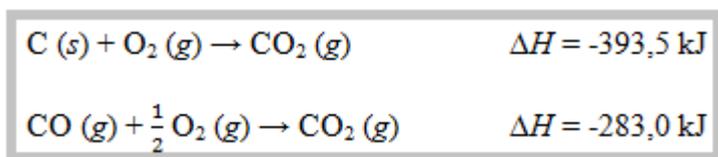
Diagram diatas menunjukkan bahwa untuk mereaksikan A + B menjadi P + Q dapat dilakukan melalui jalur C + D ataupun langsung dari A + B menjadi P + Q, dengan perubahan entalpi yang sama ($\Delta H_1 = \Delta H_2 + \Delta H_3$)

Hukum Hess sangat berguna untuk menentukan ΔH reaksi dari reaksi yang tidak dapat dilakukan di laboratorium. Misalnya reaksi pembentukan CO menurut persamaan reaksi berikut.

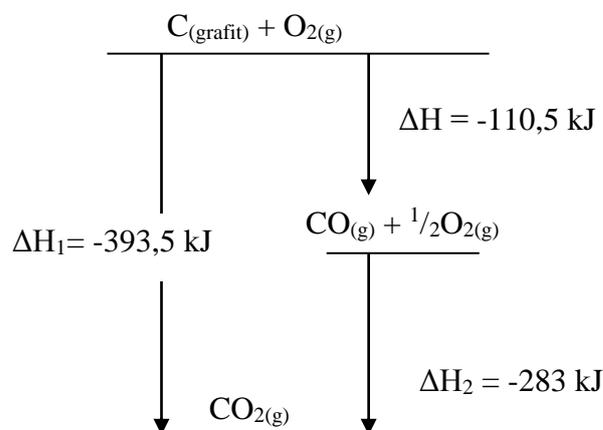


Reaksi pembakaran karbon tidak mungkin hanya menghasilkan gas CO saja tanpa disertai terbentuknya gas CO₂. Jadi, bila dilakukan pengukuran perubahan entalpi dari reaksi tersebut yang terukur tidak hanya reaksi pembentukan gas CO tetapi juga terukur pula perubahan entalpi dari pembakaran karbon menjadi gas CO₂

ΔH reaksi tersebut dapat dihitung dengan memanfaatkan data ΔH hasil percobaan reaksi-reaksi berikut

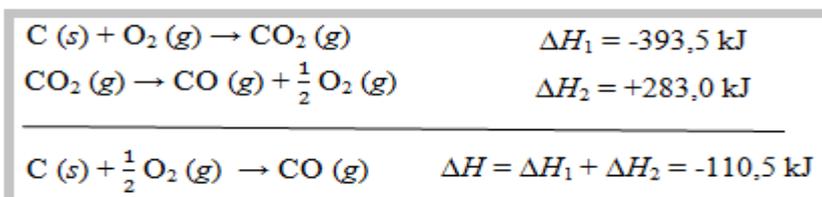


Berikut ini diagram yang menunjukkan tingkat energi dari ketiga persamaan reaksi termokimia di atas.



Digram tersebut menjelaskan kalor yang terlibat (seandainya percobaan bisa dilakukan), dimana dapat ditulis dengan persamaan $\Delta H_1 = \Delta H_2 + \Delta H_3$.

Lebih jelasnya, persamaan reaksi dapat dituliskan sebagai berikut.

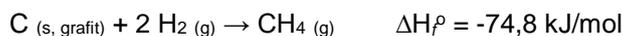


Berdasarkan persamaan reaksi tersebut, dapat dijelaskan hal-hal berikut:

1. Jika persamaan reaksi dibalik, maka tanda ΔH ikut dibalik (+ jadi – atau – jadi +).
2. Jika persamaan reaksi dikalikan sejumlah x , maka ΔH pun dikalikan sejumlah x .
3. Jika persamaan reaksi dijumlahkan, maka ΔH ikut dijumlahkan.

4) Entalpi Pembentukan Standar

Perubahan energi (kalor) pada pembentukan 1 mol zat langsung dari unsur-unsurnya disebut entalpi pembentukan. Jika pengukuran dilakukan pada keadaan standar (298 K, 1 atm) dan semua unsur-unsurnya dalam bentuk standar, maka perubahan entalpinya disebut **entalpi pembentukan standar** (ΔH°). Contoh :



Secara umum, perubahan entalpi reaksi (ΔH) sama dengan jumlah entalpi pembentukan (ΔH°) produk dikalikan koefisien reaksinya dikurangi jumlah entalpi pembentukan (ΔH°) reaktan dikalikan koefisien reaksinya

Secara matematis, pernyataan itu dapat ditulis :

$$\Delta H_{\text{reaksi}} = \sum \Delta H_f^\circ \text{ produk} - \sum \Delta H_f^\circ \text{ reaktan}$$



Tabel 1. Entalpi pembentukan standar beberapa zat

Rumus Kimia Zat	Persamaan Reaksi	ΔH_f° (kJ mol ⁻¹)
H ₂ O _(l)	H _{2(g)} + ½ O _{2(g)} → H ₂ O _(l)	-285,85
H ₂ O _(g)	H _{2(g)} + ½ O _{2(g)} → H ₂ O _(g)	-241,8
C _(grafit)	C _(grafit) → C _(grafit)	0
C _(intan)	C _(grafit) → C _(intan)	+1,88
C _(g)	C _(grafit) → C _(g)	+718,4
CO _(g)	C _(grafit) + ½ O _{2(g)} → CO _(g)	-110,5
CO _{2(g)}	C _(grafit) + O _{2(g)} → CO _{2(g)}	-393,5
C ₂ H ₅ OH _(l)	2 C _(grafit) + 3 H _{2(g)} + ½ O _{2(g)} → C ₂ H ₅ OH _(l)	-277,7
NaCl _(s)	Na _(s) + ½ Cl _{2(g)} → NaCl _(s)	-410,9
C ₂ H _{2(g)}	2 C _(grafit) + H _{2(g)} → C ₂ H _{2(g)}	+226,7

Tabel 1.1 Entalpi pembentukan standar unsur bebas

Zat	ΔH_f° (kJ/mol)
H _{2(g)}	0
O _{2(g)}	0
N _{2(g)}	0
C _(grafit)	0
Cl _{2(g)}	0

Unsur-unsur memiliki nilai entalpi pembentukan standar bernilai nol dalam bentuk bebasnya.

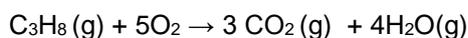
Contoh Soal:

Diketahui ΔH_f° CO₂ = -393,5 kJ/mol; ΔH_f° H₂O(l) = -242 kJ/mol; dan ΔH_f° C₃H₈ = -104 kJ/mol.

Tentukanlah ΔH reaksi pembakaran sempurna C₃H₈ membentuk gas CO₂ dan H₂O!

Penyelesaian :

Reaksi Pembakaran C_3H_8 :

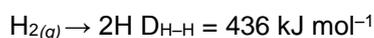


$$\begin{aligned}\Delta H_{\text{reaksi}} &= \sum \Delta H_f^{\circ} \text{produk} - \sum \Delta H_f^{\circ} \text{reaktan} \\ &= (4 \times \Delta H_f^{\circ} H_2O) + (3 \times \Delta H_f^{\circ} CO_2) - (1 \times \Delta H_f^{\circ} C_3H_8) \\ &= (4(-242 \text{ kJ/mol}) + 3(-393,5 \text{ kJ/mol})) - (-104 \text{ kJ/mol}) \\ &= -2.044,5 \text{ kJ/mol}\end{aligned}$$

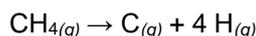
5) Energi Ikatan

Suatu reaksi kimia terjadi akibat pemutusan ikatan-ikatan kimia dan pembentukan ikatan-ikatan kimia yang baru. Pada waktu pembentukan ikatan kimia dari atom-atom akan terjadi pembebasan energi, sedangkan untuk memutuskan ikatan diperlukan energi. *Jumlah energi yang diperlukan untuk memutuskan ikatan antar atom dalam 1 mol molekul berwujud gas disebut energi ikatan atau energi disosiasi (D)*. Untuk molekul kompleks, energi yang dibutuhkan untuk memecah molekul itu sehingga membentuk atom-atom bebas disebut *energi atomisasi*.

Harga atomisasi ini merupakan jumlah energi ikatan atom-atom dalam molekul tersebut. Untuk molekul kovalen yang terdiri dari dua atom, seperti H_2 , O_2 , N_2 , atau HI yang mempunyai satu ikatan, maka energi atomisasi sama dengan energi ikatan. Energi yang diperlukan untuk reaksi pemutusan ikatan telah diukur. Contoh untuk molekul diatom dicantumkan pada tabel 1. Misalnya, energi untuk memutuskan 1 mol ikatan H – H dalam suatu molekul gas H_2 menjadi atom-atom H adalah 436 kJ mol^{-1} .



Energi dibutuhkan untuk memutuskan molekul CH_4 menjadi sebuah atom C dan 4 atom H:



Besarnya perubahan entalpi reaksi tersebut dapat dihitung dengan entalpi pembentukan standar sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\Delta H &= \Delta H_f^{\circ} (C, \text{atomik}) + 4 \Delta H_f^{\circ} (H, \text{atomik}) - \Delta H_f^{\circ} (CH_{4(g)}) \\ &= (716,7 \text{ kJ mol}^{-1}) + (218, \text{ kJ mol}^{-1}) - (-74,5 \text{ kJ mol}^{-1}) \\ &= 1.663,2 \text{ kJ mol}^{-1}\end{aligned}$$

Saat perubahan entalpi tersebut setara untuk memutuskan 4 ikatan (–H) maka besarnya energi ikatan rata-rata C – H adalah $415,8 \text{ kJ mol}^{-1}$, selanjutnya kita sebut energi ini sebagai *energi ikatan rata-rata* karena empat ikatan C – H dalam CH_4 putus dalam waktu yang sama.

Makin kuat ikatan makin besar energi yang diperlukan. Beberapa harga energi ikatan dapat dilihat pada Tabel berikut.

Tabel 1. Energi ikatan/disosiasi molekul diatomik dalam kJ/mol pada 25°C

Molekul	Energi Disosiasi (kJ mol ⁻¹)
H – H(g)	436,0
N ≡ N(g)	945,3
O – O(g)	498,3
F – F(g)	157
Cl – Cl(g)	242,6
Br – Br(g)	193,9
I – I(g)	152,6
H – F(g)	567,6
H – Cl(g)	431,6
H – Br(g)	366,3
H – I(g)	298,3
Cl – F(g)	254,3
Cl – Br(g)	218,6
Cl – I(g)	210,3

Sumber: *General Chemistry, Principles and Structure*, James E. Brady, 1990)

Harga energi ikatan dapat digunakan untuk menentukan ΔH suatu reaksi.

$$\Delta H = \sum \text{energi ikatan yang diputuskan} - \sum \text{energi ikatan yang dibentuk}$$



Contoh Soal.

Dengan menggunakan data energi ikatan tentukan perubahan entalpi dari reaksi berikut. $\text{CH}_4(\text{g}) + 4\text{Cl}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CCl}_4(\text{g}) + 4\text{HCl}(\text{g})$

Penyelesaian.



Energi ikatan yang diputuskan:

$$4 \text{ C-H} = 4 \times 415 \text{ kJ} = 1660 \text{ kJ}$$

$$4 \text{ Cl-Cl} = 4 \times 243 \text{ kJ} = 972 \text{ kJ}$$

$$= 2632 \text{ kJ}$$

Energi ikatan yang dibentuk:

$$4 \text{ C-Cl} = 4 \times 330 \text{ kJ} = 1320 \text{ kJ}$$

$$4 \text{ H-Cl} = 4 \times 432 \text{ kJ} = 1728 \text{ kJ}$$

$$= 3048 \text{ kJ}$$

$$\Delta H = 2632 \text{ kJ} - 3048 \text{ kJ}$$

$$= -416 \text{ kJ}$$

Jadi perubahan entalpi untuk reaksi $\text{CH}_4(\text{g}) + 4\text{Cl}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CCl}_4(\text{g}) + 4\text{HCl}(\text{g})$ sebesar -416 kJ.

c. Rangkuman

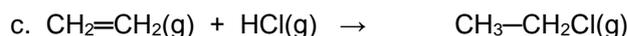
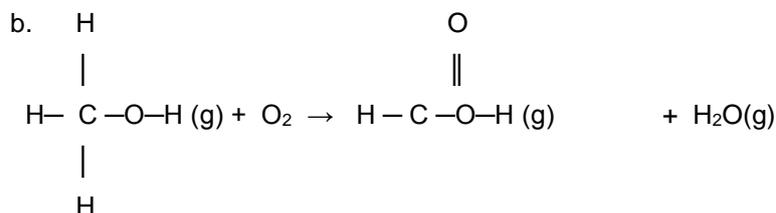
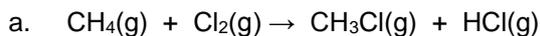
1. Entalpi merupakan besaran fisis yang nilainya dipengaruhi oleh jumlah dan wujud zat, serta dipengaruhi oleh lingkungan (suhu dan tekanan).
2. Perubahan entalpi pembentukan standar merupakan perubahan entalpi yang terjadi pada pembentukan 1 mol suatu senyawa dari unsur-unsurnya yang paling stabil pada keadaan standar.
3. Perubahan entalpi penguraian standar adalah perubahan entalpi yang terjadi pada penguraian 1 mol suatu senyawa menjadi unsur-unsurnya yang paling stabil pada keadaan standar.
4. Perubahan entalpi pembakaran standar adalah perubahan entalpi yang terjadi pada pembakaran 1 mol suatu zat secara sempurna.
5. Perubahan entalpi dapat diukur menggunakan kalorimeter sederhana dan kalorimeter bom.
6. Hukum Hess menyatakan bahwa perubahan entalpi suatu reaksi hanya bergantung pada keadaan awal (zat-zat pereaksi) dan keadaan akhir (zat-zat hasil reaksi) dari suatu reaksi dan tidak tergantung pada bagaimana jalannya reaksi.
7. Energi desosiasi ikatan merupakan energi yang diperlukan untuk memutuskan salah satu ikatan 1 mol suatu molekul gas menjadi gugus-gugus molekul gas.
8. Energi ikatan rata-rata merupakan energi rata-rata yang diperlukan untuk memutuskan sebuah ikatan dari seluruh ikatan suatu molekul gas menjadi atom-atomnya.
9. Bahan bakar merupakan suatu senyawa yang jika dibakar menghasilkan kalor yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan. Nilai kalor bahan bakar umumnya dinyatakan dalam satuan kJ/gram, yang menyatakan jumlah kJ kalor yang dapat dihasilkan dari pembakaran 1 gram bahan bakar.

d. Tugas

Jawablah soal-soal berikut ini dengan benar pada lembar jawaban yang telah disediakan!

1. Diketahui $\Delta H_f^\circ \text{H}_2\text{CO}_3(\text{aq}) = -699,65 \text{ kJ/mol}$. Hitunglah besarnya perubahan entalpi pada penguraian 496 gram H_2CO_3 ($A_r \text{H} = 1, \text{C} = 12, \text{O} = 16$) dan tuliskan persamaan termokimia peruraian H_2CO_3 .
2. Diketahui reaksi:
$$\text{S}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{SO}_2(\text{g}) \quad \Delta H = -300 \text{ kJ}$$
$$2 \text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2 \text{SO}_3(\text{g}) \quad \Delta H = -190 \text{ kJ}$$
Hitunglah ΔH pada reaksi $2 \text{S}(\text{s}) + 3 \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2 \text{SO}_3(\text{g})$.
3. Diketahui $\text{CCl}_4(\text{g}) \rightarrow \text{C}(\text{g}) + 4\text{Cl}(\text{g}) \Delta H^\circ = 1303,58 \text{ kJ}$
Tentukanlah energi ikatan rata-rata C—Cl dalam CCl_4 .

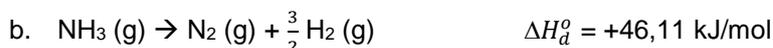
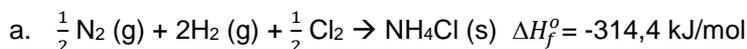
4. Dengan menggunakan tabel energi ikatan, tentukan perubahan entalpi reaksi berikut :



e. Tes Formatif

SOAL ESAI

1. Amatilah persamaan termokimia dibawah ini :



Jenis perubahan entalpi pada persamaan termokimia (a), (b), dan (c) berturut – turut merupakan perubahan entalpi pembentukan standar, penguraian standar dan pembakaran standar. Jelaskan alasannya !

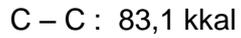
2. Diberikan data jenis perubahan entalpi sebagai berikut :

No.	Persamaan Termokimia	Perubahan Entalpi
1.	$\text{H}_2(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{g})$	$\Delta H_f^\circ = -241,8 \text{ kJ/mol}$
2.	$\text{C}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g})$	$\Delta H_f^\circ = -393,5 \text{ kJ/mol}$
3.	$\text{Na}(\text{s}) + \frac{1}{2}\text{Cl}_2(\text{g}) \rightarrow \text{NaCl}(\text{s})$	$\Delta H_f^\circ = -410,9 \text{ kJ/mol}$
4.	$\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightarrow \text{H}_2(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g})$	$\Delta H_d^\circ = +241,8 \text{ kJ/mol}$
5.	$\text{CO}_2(\text{g}) \rightarrow \text{C}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g})$	$\Delta H_d^\circ = +393,5 \text{ kJ/mol}$
6.	$\text{NaCl}(\text{s}) \rightarrow \text{Na}(\text{s}) + \frac{1}{2}\text{Cl}_2(\text{g})$	$\Delta H_d^\circ = +410,9 \text{ kJ/mol}$
7.	$\text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$	$\Delta H_c^\circ = -802 \text{ kJ/mol}$
8.	$\text{C}_2\text{H}_2(\text{g}) + 2\frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$	$\Delta H_c^\circ = -1256 \text{ kJ/mol}$
9.	$\text{CH}_3\text{OH}(\text{l}) + \frac{3}{2}\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$	$\Delta H_c^\circ = -638 \text{ kJ/mol}$

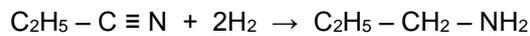
Identifikasikan persamaan termokimia tersebut ke dalam perubahan entalpi pembentukan standar, penguraian dan pembakaran standar beserta alasannya !

3. Jika diketahui ΔH pembentukan gas karbon dioksida, uap air dan gas propana berturut-turut adalah -94,1 kkal, -5,7 kkal, -24,8 kkal, maka banyaknya panas yang dibebaskan pada pembakaran 1 gram gas propana adalah ... kkal. (6)

4. Diketahui energi ikatan rata-rata:



Hitung ΔH reaksi:



5. Diketahui entalpi reaksi penguraian HBr adalah -36,8 kJ mol⁻¹. Energi ikatan rata-rata H – H dan Br – Br masing-masing 431 kJ/mol dan 188 kJ/mol, maka energi ikatan H – Br adalah ... kJ.

f. Lembar Kerja Keterampilan

- A. Judul** : Termokimia-Hukum Hess
B. Tujuan : Mengetahui ΔH suatu reaksi kimia
C. Alat Dan Bahan Yang Digunakan

Alat	Ukuran	Jumlah	Bahan	Konsentrasi
Gelas Ukur			NaOH kristal	
Gelas Kimia			Larutan HCl	
Kalorimeter			Aquadest	
Termometer				
Kaca Arloji				

D. Cara Kerja

Reaksi 1

1. Timbang NaOH (s) sebanyak 1 gram.
2. Ambil HCl 0,5 M sebanyak 50mL dan ukur suhunya sebagai suhu awal (T awal)
3. Campurkan 1 gram NaOH (s) dan 50mL HCl 0,5 M dalam kalorimeter.
4. Tutup rapat kalorimeter.
5. Sambil terus diaduk, ukur suhu campuran sampai suhu tidak berubah (T akhir).
6. Buang campuran di wastafel dan cuci kalorimeter sampai bersih.

Reaksi 2a

1. Timbang NaOH (s) sebanyak 1 gram.
2. Ambil aquadest sebanyak 25 mL dan ukur suhu aquadest yang telah diambil (T awal).
3. Campurkan 1 gram NaOH (s) dan 25 mL aquadest dalam kalorimeter.
4. Tutup rapat kalorimeter.
5. Sambil terus diaduk, ukur suhu campuran sampai suhu tidak berubah (T akhir).
6. Campuran **jangan** dibuang.

Reaksi 2b

1. Ambil HCl 1M sebanyak 25mL dan ukur suhu HCl 1M yang telah diambil.
2. Guyur bagian luar kalorimeter yang masih berisi campuran dengan air kran sampai suhu campuran dalam kalorimeter turun dan sama dengan suhu HCl 1M yang telah diukur. Jika suhu tidak bisa sama, maka suhu campuran dalam kalorimeter dan suhu HCl 1M dirata-rata (T awal).
3. Masukkan 25 mL HCl 1M ke dalam kalorimeter yang berisi campuran pada reaksi 2a.
4. Tutup rapat kalorimeter.
5. Sambil terus diaduk, ukur suhu campuran sampai suhu tidak berubah (T akhir).
6. Buang campuran di wastafel, cuci semua alat praktikum sampai bersih.

E. Hasil Pengamatan

Langkah Percobaan (mL)	NaOH		HCl		Vol Air (mL)	Masa Larutan (gram)	T awal (°C)	T akhir (°C)	ΔT (°C)	Q (kJ)	H (kJ/mol)
	Gram	Mol	Volum	Molar							
Reaksi 1	1	1/40	50 mL	0,5	--						
Reaksi 2a.	1	1/40	--	-	25						
Reaksi 2b	--	--	5 mL	1	--						

Diketahui :

$Q = m.c. \Delta T$
 $m = \text{massa larutan}$
 $c = 4,18 \text{ j/}^\circ\text{C gram}$
 $\Delta H = - Q \text{ reaksi/mol}$
 $Mr \text{ NaOH} = 40 \text{ gram/mol}$

$$\% \text{ kesalahan} = \left| \frac{\Delta H_1 - [\Delta H_{2a} + \Delta H_{2b}]}{\frac{\Delta H_1 + [\Delta H_{2a} + \Delta H_{2b}]}{2}} \right| \times 100\%$$

F. PERTANYAAN

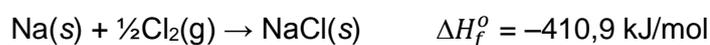
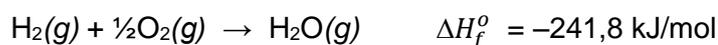
1. Tulis persamaan reaksi termokimia secara lengkap!
2. Hitung perbedaan harga ΔH_1 dan $[\Delta H_{2a} + \Delta H_{2b}]$ dalam %!



Apabila ananda sudah menjawab 75 jawaban benar, ananda dapat melanjutkan ke materi selanjutnya. Jika masih kurang, sebaiknya mohon dipelajari kembali

g. Kunci Tes Formatif

1. - Persamaan termokimia (a) merupakan perubahan entalpi pembentukan standar karena menunjukkan perubahan entalpi pada pembentukan 1 mol NH_4Cl dari unsur - unsurnya yang paling stabil yaitu N_2 , H_2 , Cl_2 pada keadaan standar.
 - Persamaan termokimia (b) merupakan perubahan entalpi penguraian standar karena menunjukkan perubahan entalpi pada penguraian 1 mol NH_3 menjadi unsur - unsurnya yang paling stabil yaitu N_2 , H_2 , Cl_2 pada keadaan standar.
 - Persamaan termokimia (c) merupakan perubahan entalpi pembakaran standar karena menunjukkan perubahan entalpi pada reaksi pembakaran karbon dengan oksigen pada keadaan standar.
2. Perubahan entalpi pembentukan standar :



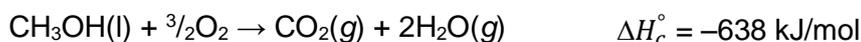
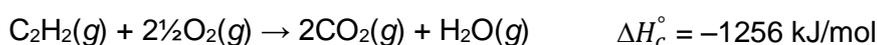
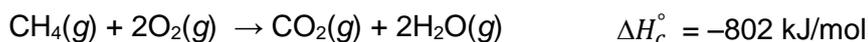
Alasan : Terjadi pembentukan senyawa dari unsur – unsurnya pada keadaan standar

Perubahan entalpi penguraian standar :



Alasan : Terjadi penguraian senyawa menjadi unsur – unsurnya pada keadaan standar

Perubahan entalpi pembakaran standar :



Alasan : Terjadi reaksi pembakaran senyawa dengan oksigen pada keadaan standar

3. Diketahui: $\Delta H_f \text{CO}_2 = -94,1 \text{ kkal}$

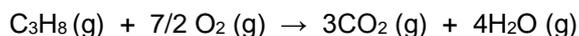
$$\Delta H_f \text{H}_2\text{O} = -5,7 \text{ kkal}$$

$$\Delta H_f \text{C}_3\text{H}_8 = -24,8 \text{ kkal}$$

$$\text{Massa C}_3\text{H}_8 = 1 \text{ gram}$$

Ditanyakan: ΔH reaksi:?

Menuliskan persamaan reaksi kimia setara



$$\begin{aligned} \Delta H &= \{(3. \Delta H_f \text{CO}_2) + (4. \Delta H_f \text{H}_2\text{O})\} - \{(1. \Delta H_f \text{C}_3\text{H}_8)\} \\ &= \{(3. -94,1 \text{ kkal}) + (4. -5,7 \text{ kkal})\} - \{(1. -24,8 \text{ kkal})\} \\ &= \{(-282,3 - 22,8) + 24,8\} \text{ kkal} \\ &= (-510,3 + 24,8) \text{ kkal} \\ &= -485,5 \text{ kkal} \end{aligned}$$

$$\text{mol propana (C}_3\text{H}_8) = \text{massa/massa mola} = 1/44 = 0,023 \text{ mol}$$

$$\begin{aligned} \Delta H \text{ reaksi untuk 1 gram propana} &= 0,023 \text{ mol} \times -485,5 \text{ kkal} \\ &= -11,1665 \text{ kkal} \end{aligned}$$

4. Diketahui:

$$\text{C} - \text{C} : 83,1 \text{ kkal}$$

$$\text{C} \equiv \text{N} : 104,2 \text{ kkal/mol}$$

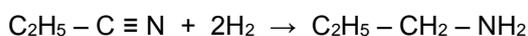
$$\text{C} = \text{N} : 210 \text{ kkal/mol}$$

$$\text{N} - \text{H} : 93,4 \text{ kkal/mol}$$

$$\text{C} - \text{H} : 99,3 \text{ kkal/mol}$$

$$\text{H} - \text{H} : 103,92 \text{ kkal/mol}$$

$$\text{C} - \text{N} : 69,7 \text{ kkal/mol}$$



Ditanya:

Hitung ΔH reaksi:?

$$\begin{aligned}\Delta H_{\text{reaksi}} &= \{(5 \times C - H) + (2 \times C - C) + (1 \times C \equiv N)\} - \\ &\quad \{(7 \times C - H) + (2 \times C - C) + (1 \times C - N) + (2 \times N - H)\} \\ &= (104,2 + 207,84) - (198,6 + 69,7 + 186,8) \\ &= 312,04 - 455,1 \\ &= -143,06 \text{ kJ}\end{aligned}$$

5. Diketahui: $\Delta H_{\text{reaksi}} = -36,8 \text{ kJ mol}^{-1}$

Energi ikatan rata-rata H – H = 431 kJ/mol

Energi ikatan rata-rata Br – Br = -24,8 kkal

Ditanyakan: Energi ikatan H – Br:?

Persamaan reaksi penguraian HBr



$$H_{\text{reaksi}} = (1 \times \text{HBr}) - \left\{ \left(\frac{1}{2} \times 431 \right) + \left(\frac{1}{2} \times 188 \right) \right\}$$

$$-36,2 \text{ kJ/mol} = (\text{H} - \text{Br}) - (215,5 + 94)$$

$$\text{Energi ikatan H – Br} = (215,5 + 94) - 36,2$$

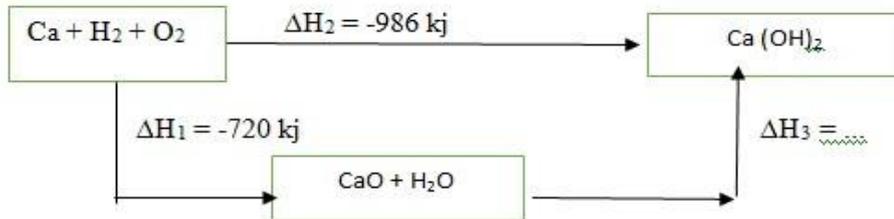
$$= + 273,3 \text{ kJ/mol}$$

h. Tes Sumatif

- Suatu campuran pereaksi di dalam tabung reaksi menyebabkan tabung tersebut menjadi panas jika dipegang. Pernyataan yang tepat mengenai hal tersebut adalah....
 - Entalpi pereaksi bertambah
 - Entalpi peraksi berkurang
 - Entalpi pereaksi dan hasil reaksi bertambah
 - Entalpi pereaksi lebih besar daripada entalpi hasil reaksi
 - Entalpi hasil reaksi lebih besar daripada entalpi pereaksi
- Pernyataan yang benar tentang reaksi endoterm adalah....
 - Entalpi awal lebih besar daripada entalpi akhir dan $\Delta H > 0$
 - Entalpi awal lebih kecil daripada entalpi akhir dan $\Delta H > 0$
 - Entalpi awal lebih besar daripada entalpi akhir dan $\Delta H < 0$
 - Entalpi awal lebih kecil daripada entalpi akhir dan $\Delta H < 0$
 - Entalpi awal sama dengan entalpi akhir dan $\Delta H = 0$
- Sebuah Kristal KNO_3 dimasukkan ke dalam tabung reaksi kemudian ditetesi dengan air. Pada tabung reaksi terasa dingin. Reaksi ini dapat digolongkan....
 - Eksoterm, energi berpindah dari sistem ke lingkungan
 - Eksoterm, energi berpindah dari lingkungan kesistem
 - Endoterm, energi berpindah dari sistem ke lingkungan
 - Endoterm, energi berpindah dari lingkungan ke sistem
 - Endoterm, energi tidak berpindah

4. Jika arang (karbon) dibakar dengan oksigen menjadi gas karbondioksida, akan di lepaskan kalor sebesar 393,5 kJ/mol, persamaan termokimia yang benar berikut ini adalah....
- $C_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} \quad \Delta H = -395 \text{ kJ/mol}$
 - $C_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} \quad \Delta H = 395 \text{ kJ/mol}$
 - $C_{(s)} + O_{(g)} \rightarrow CO_{(g)} \quad \Delta H = 395 \text{ kJ/mol}$
 - $2C_{(s)} + O_{(g)} \rightarrow CO_{(g)} \quad \Delta H = -395 \text{ kJ/mol}$
 - $C_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{(g)} \quad \Delta H = 395 \text{ kJ/mol}$
5. Perubahan entalpi dari reaksi manakah yang berikut ini dapat disebut dengan perubahan entalpi pembentukan ΔH_f° Na_2SO_4 kristal....
- $2 NaOH (aq) + H_2SO_4 (aq) \rightarrow Na_2SO_4 (aq) + 2H_2O (l)$
 - $2 NaOH (s) + H_2SO_4 (aq) \rightarrow Na_2SO_4 (k) + 2H_2O (l)$
 - $Na_2O (s) + SO_2 (g) \rightarrow Na_2SO_4 (k)$
 - $2 Na (s) + \frac{1}{8} S_8 (s) + 2O_2 (g) \rightarrow Na_2SO_4 (k)$
 - $16 Na (s) + S_8 (s) + 16 O_2 (g) \rightarrow 8 Na_2SO_4 (k)$
6. Diantara persamaan termokimia di bawah ini yang merupakan perubahan entalpi penguraian adalah...
- $Mg (OH)_2 (s) \rightarrow Mg (s) + O_2 (g) + H_2 (g) \quad \Delta H^\circ = +925 \text{ kJ}$
 - $C_6H_{12}O_6 (s) + 6O_2 (g) \rightarrow 6CO_2 (g) + 6H_2O (l) \quad \Delta H^\circ = -2.820 \text{ kJ}$
 - $CaO (s) + CO_2 (g) \rightarrow CaCO_3 (s) \quad \Delta H^\circ = +1.207 \text{ kJ}$
 - $Ca (s) + C (s) + O_2 (g) \rightarrow CaCO_3 (s) \quad \Delta H^\circ = -1.207 \text{ kJ}$
 - $2 CO_2 (g) + 3H_2O (l) \rightarrow C_2H_5OH (l) + 3O_2 \quad \Delta H^\circ = +1.380 \text{ kJ}$
7. Jika diketahui $\Delta H_c^\circ C = -393,5 \text{ kJ mol}^{-1}$, berapa kalor yang terjadi pada pembakaran 1 kg arang, jika dianggap bahwa arang mengandung 48% karbon dan $A_r C = 12$?
- 740 kJ
 - 470 kJ
 - 740 kJ
 - 470 kJ
 - 740 kJ
8. Entalpi pembakaran asetilena adalah -1300 kJ, entalpi pembentukan asetilena, C_2H_2 adalah....
($\Delta H_f^\circ CO_2 = -395$; $\Delta H_f^\circ H_2O = -285$)
- 225 kJ
 - +225 kJ
 - 450 kJ
 - +450 kJ
 - 620 kJ

9. Dari siklus dibawah ini perubahan entalpi reaksi : $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2$ adalah....



- 50 kJ
 - 44 kJ
 - 266 kJ
 - 55 kJ
 - 60 kJ
10. Dalam calorimeter terdapat zat yang bereaksi secara eksotermik dan ternyata 0,5 kg air yang mengelilinginya sebagai pelarut mengalami kenaikan temperature sebesar 3° Kalor jenis air = 4,2 J/gram K. Kalor reaksi zat yang dilepaskan oleh reaksi itu adalah..
- 577,6 kJ
 - 578,6 kJ
 - 579,6 kJ
 - 5796 kJ
 - 57,96 kJ
11. Pada suatu percobaan, 3 L air dipanaskan sehingga suhu air naik dari 25°C menjadi 72°C Jika diketahui massa jenis air = 1 g mL^{-1} , dan kalor jenis air = 4,2 J/g K, Hasil ΔH reaksi pemanasan tersebut adalah....
- 592,2 kJ
 - 5922 kJ
 - 59,22 kJ
 - 5,922 kJ
 - 59220 kJ
12. Dalam suatu calorimeter direaksikan 200 cm^3 larutan NaOH 1 M dengan 200 cm^3 larutan HCl 1 M, ternyata suhunya naik dari 29°C menjadi 36°C Kalor jensi larutan dianggap sama dengan kalor jenis air, yaitu 4,18 J/g $^\circ \text{K}$ dan massa jenis larutan dianggap 1 g/ cm^3 .
Jika dianggap bahwa calorimeter tidak menyerap kalor, tentukanlah perubahan entalpi dari reaksi:
 $\text{NaOH}(\text{aq}) + \text{HCl}(\text{aq}) \rightarrow \text{NaCl}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
- +50,16 kJ
 - 50,16 kJ
 - +80,14 kJ
 - +11,704 kJ
 - 11,704 kJ

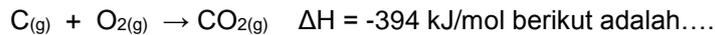
13. Diketahui :



berapakah kalor yang diperlukan untuk penguapan 4,5 gram H_2O (Ar H = 1,0 Ar O = 16) ?

- a. +8 kJ
- b. +9 kJ
- c. +10 kJ
- d. +11 kJ
- e. +12 kJ

14. Kalor yang dihasilkan pada pembakaran 4,48 Liter gas karbon standar sesuai reaksi



- a. 78,8 kJ
- b. + 78.8 kJ
- c. +79,2 kJ
- d. -79,2 kJ
- e. +80,0 kJ

15. $\text{C}_{(g)} + \text{O}_2 (g) \rightarrow \text{CO}_2$ $\Delta H_f^\circ = -393,5 \text{ kJ/mol}$ menghasilkan 22 gr CO_2 , kalor yang diperlukan untuk menghasilkan gas CO_2 tersebut adalah....

- a. – 196,75 kJ
- b. +196,75 kJ
- c. -197,75 kJ
- d. +197,75 kJ
- e. -198,75 KJ

16. Pada pembakaran 2,24 liter gas C_2H_2 (diukur pada keadaan standar) dihasilkan kalor sebesar 129,9 kJ , maka $\Delta H_c^\circ \text{C}_2\text{H}_2$ adalah....

- a. -2598 kJ/mol
- b. -259,8 kJ/mol
- c. -129,9 kJ/mol
- d. +1299 kJ/mol
- e. -1299 kJ/mol

17. Diketahui energi disosiasi ikatan Cl – Cl pada molekul Cl_2 adalah 243,4 kJ/mol dan H – H pada molekul H_2 adalah 435,9 kJ/mol, serta $\Delta H_f^\circ \text{HCl}$ adalah -92,3 kJ/mol. Berdasarkan data tersebut, energi ikatan rata-rata H – Cl pada molekul HCl adalah....

- a. 431,95
- b. 56,6
- c. 148
- d. 826
- e. 413

18. Diketahui:

ΔH pembentukan C_3H_8 (g) = - 24,8 kJ/mol.

ΔH pembentukan CO_2 (g) = - 94,7 kJ/mol.

ΔH pembentukan H_2O (l) = - 68,3 kJ/mol.

ΔH pembakaran C_3H_8 (g) adalah....

- a. 532,5 kJ/mol
- b. +81 kJ/mol
- c. -81 kJ/mol
- d. -94 kJ/mol
- e. -208 kJ/mol

19. Data energi ikatan :

C = C = 611 kJ/mol

C – H = 414 kJ/mol

H – Cl = 431 kJ/mol

C – Cl = 339 kJ/mol

C – C = 347 kJ/mol

Berdasarkan data energi ikatan, maka perubahan entalpi pada reaksi $C_2H_4 + HCl \rightarrow C_2H_5Cl$ adalah...kJ.

- a. +46
- b. -46
- c. -58
- d. -138
- e. -148

20. $H_2 + \frac{1}{2} O_2 \rightarrow H_2O$ $\Delta H = -242$ kJ

Energi ikatan H – H dan O = O masing-masing 436 kJ/mol dan 500 kJ/mol, maka energi ikatan rata-rata H – O adalah...Kj

- a. 121
- b. 222
- c. 363
- d. 464
- e. 589

i. Kunci Tes Sumatif

1. Jawaban: D

Pembahasan:

Jika suatu reaksi kimia menghasilkan panas, maka reaksi tersebut merupakan reaksi eksoterm. Pada reaksi eksoterm, entalpi reaksi bernilai negative (entalpi pereaksi lebih besar daripada entalpi hasil reaksi)

2. Jawaban: B

Pembahasan:

Reaksi endoterm adalah reaksi yang disertai dengan perpindahan kalor dari lingkungan ke sistem. Dalam reaksi reaksi ini, kalor diserap oleh sistem dari lingkungannya. Hal yang terjadi $H_{akhir} > H_{awal}$ sehingga $\Delta H > 0$ (berharga positif)

3. Pembahasan:

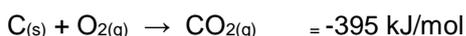
Jawaban: D

Pada percobaan tersebut dikatakan endoterm, karena pada saat KNO_3 beraksi dengan air, temperature nya turun karena tabung reaksi terasa dingin. Setelah sampai pada titik terendah, lama-kelamaan temperature akan naik kembali sampai temperature awal. Penurunan temperature pada saat KNO_3 bereaksi dengan air, menunjukkan bahwa reaksi menyerap kalor . Pada reaksi endoterm reaksi yang menyerap kalornya berpindah dari lingkungan ke sistem, sehingga kalor dari sistem akan bertambah. Sehingga lingkungannya terasa dingin atau pada soal lingkungannya tabung reaksi.

4. Jawaban A

Pembahasan:

Jika melepaskan maka bernilai negatif, dan persamaannya



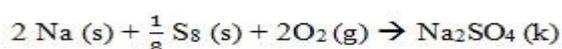
5. Jawaban : D

Pembahasan:

Perubahan entalpi pembentukan standar merupakan perubahan entalpi yang terjadi pada pembentukan 1 mol suatu senyawa dari unsur-unsurnya yang paling stabil pada keadaan stabil, pada 25°C dan tekanan 1 atm. Perubahan entalpi pembentukan standar suatu zat ditentukan dengan menggunakan rumus:

$$\Delta H_f^\circ \text{ reaksi} = \sum \Delta H_f^\circ \text{ hasil} - \sum \Delta H_f^\circ \text{ pereaksi}$$

Reaksi pembentukan $\Delta H_f^\circ Na_2SO_4$



Unsur-unsurnya



1 mol = koefisien 1

6. Jawaban: A

Pembahasan:

Perubahan entalpi penguraian standar adalah perubahan entalpi yang terjadi pada penguraian 1 mol suatu senyawa menjadi unsur-unsurnya yang paling stabil pada keadaan standar.

Pada dasarnya, perubahan entalpi penguraian standar merupakan kebalikan dari perubahan entalpi pembentukan standar, maka nilainya pun akan berlawanan tandanya. Jadi dari pilihan ganda yang di atas, jawaban yang tepat adalah A karena reaktannya berupa satu mol menjadi unsur-unsurnya.

7. Jawaban: A

Pembahasan:

$$\Delta H_c^\circ C = -393,5 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$\text{massa C} = 48/100 \times 1000 \text{ gram}$$

$$= 480 \text{ gram}$$

Pada pembakaran 1 mol karbon dibebaskan kalor 393,5 kJ maka pada pembakaran $\frac{480 \text{ g}}{12 \text{ g/mol}}$ karbon

dihasilkan kalor sebanyak: $\frac{480 \text{ g}}{12 \text{ g/mol}} \times 393,5 \text{ kJ/mol} = 15.740 \text{ kJ}$

8. Jawaban: B

Pembahasan :

Reaksi pembakaran :



$$(\Delta H_f^\circ \text{ unsur} = 0)$$

$$\Delta H \text{ reaksi} = \sum \Delta H_f^\circ \text{ hasil} - \sum \Delta H_f^\circ \text{ pereaksi}$$

$$-1.300 = (2 \cdot \Delta H_f^\circ \text{ CO}_2 + \Delta H_f^\circ \text{ H}_2\text{O}) - (\Delta H_f^\circ \text{ C}_2\text{H}_2 + 0)$$

$$-1.300 = (2(-395) + -285) - (\Delta H_f^\circ \text{ C}_2\text{H}_2 + 0)$$

$$\Delta H_f^\circ \text{ C}_2\text{H}_2 = -790 - 285 + 1.300 = + 225 \text{ KJ}$$

9. Jawaban : C

Pembahasan :

untuk menyelesaikan model siklus Hess harus diperhatikan arah anak panah. Pada soal di atas

ΔH_1 dan ΔH_3 mempunyai arah anak panah yang berlawanan jarum jam, sedangkan ΔH_2 searah jarum jam. Dari arah tersebut dapat diketahui bahwa jumlah ΔH yang searah jarum jam akan sama dengan ΔH yang berlawanan dengan arah jarum jam sehingga :

$$\Delta H_2 = \Delta H_1 + \Delta H_3$$

$$-986 \text{ kJ} = (-720 \text{ kJ}) + (-986 \text{ kJ}) + (\Delta H_3)$$

$$-986 \text{ kJ} + 720 \text{ kJ} = \Delta H_3$$

$$\Delta H_3 = -266 \text{ kJ}$$

10. Jawaban: C

Pembahasan:

$$\Delta T = 3^\circ\text{C} = 3 + 273 \text{ K} = 276 \text{ K}$$

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T = 500 \text{ gram} \times 4,2 \text{ J/gram K} \times 276 \text{ K} = 579.600 \text{ J} = 579,6 \text{ kJ}$$

11. Jawaban: A

Pembahasan:

$$m = v \times \rho = 3000 \text{ mL} \times 1 \text{ gr/mL} = 3000 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned} Q &= m \times c \times \Delta T = 3000 \text{ gram} \times 4,2 \text{ J/g K} \times ((72 + 273) - (25+273)) \\ &= 3000 \text{ gram} \times 4,2 \text{ J/g K} \times 47 \text{ K} \\ &= 592200 \text{ J} = 592,2 \text{ Kj} \end{aligned}$$

12. Jawaban: E

Pembahasan:

$$q_{\text{reaksi}} = -(q_{\text{kalorimeter}} + q_{\text{larutan}})$$

Oleh karena kalorimeter tidak menyerap kalor, maka:

$$q_{\text{reaksi}} = - q_{\text{larutan}}$$

$$\text{volume} = v \text{ NaOH} + v \text{ HCl}$$

$$= (200 + 200) \text{ mL} = 400 \text{ mL}$$

$$\text{massa larutan} = \text{volume larutan} \times \text{rapatan larutan}$$

$$= 400 \text{ mL} \times 1 \text{ gram/mL} = 400 \text{ gram}$$

$$\Delta T = (36 - 29) ^\circ\text{C} = 7 ^\circ\text{C}$$

$$\text{Atau } \Delta T = (36+273) - (29+273) = 7 \text{ K}$$

$$q_{\text{larutan}} = m_{\text{larutan}} \times c_{\text{larutan}} \times \Delta T$$

$$= 400 \text{ gram} \times 4,18 \text{ J/g K} \times 7 \text{ K}$$

$$= 11.704 \text{ joule} = 11,704 \text{ kJ}$$

$$\text{NaOH} = \text{HCl} = 0,1\text{L} \times 1 \text{ mol/L} = 0,1 \text{ mol}$$

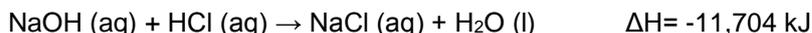
Jadi pada reaksi antara 0,1 mol NaOH dengan 0,1 mol HCl terjadi perubahan kalor sebesar : $q_{\text{reaksi}} = - q_{\text{larutan}}$

$$q_{\text{reaksi}} = - 11,704 \text{ kJ}$$

Maka, untuk setiap 1 mol NaOH yang bereaksi dengan 1 mol HCl akan terjadi perubahan kalor sebesar:

$$q_{\text{reaksi}} = - 11,704 \text{ kJ}/0,1 \text{ mol} = - 11,704 \text{ kJ/mol}$$

Perubahan kalor yang bertanda negative menunjukkan reaksi berlangsung secara eksoterm. Pada tekanan konstan, perubahan kalornya sama dengan perubahan entalpinya. Persamaan termokimianya:



13. Jawaban: C

Pembahasan:

$$M_r \text{ H}_2\text{O} = 18 \text{ g/mol}$$

$$\text{Massa H}_2\text{O} = 4,5 \text{ gr}$$

$$\text{Mol H}_2\text{O} = 4,5 \text{ g}/18 \text{ g mol}^{-1} = 0,25 \text{ mol}$$

$$\Delta H = Q/n$$

$$Q = \Delta H \times n = + 40 \text{ kJ/mol} \times 0,25 \text{ mol} = + 10 \text{ kJ}$$

14. Jawaban: A

Pembahasan :

Mol pembakaran gas karbon = $4,48 \text{ L} / 22,4 \text{ L mol}^{-1} = 0,2 \text{ mol}$

$$\Delta H = Q/n$$

$$Q = \Delta H \times n = -394 \text{ kJ/mol} \times 0,2 \text{ mol}$$

$$Q = -78,8 \text{ kJ}$$

15. Jawaban: A

Pembahasan :

$\text{mol CO}_2 = \text{Massa}/\text{Mr}$	$\Delta H = Q/n$
$Q = \Delta H \times n$	$Q = -393,5 \text{ kJ/mol} \times 0,5 \text{ mol}$
$= 22 \text{ gr}/44 \text{ g mol}^{-1}$	$Q = -196,75 \text{ kJ}$
$= 0,5 \text{ mol}$	

16. Jawaban: E

Pembahasan :

$$n = \text{massa}/\text{Mr} = 2,24/22,4 = 0,1 \text{ mol}$$

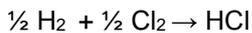
Reaksinya : $\text{C}_2\text{H}_2 + 5/2 \text{ O}_2 \rightarrow 2\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

$$\Delta H = Q/n = -129,9/0,1 = -1299 \text{ kJ/mol}$$

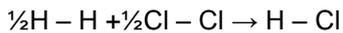
17. Jawaban : A)

Pembahasan :

Reaksi pembentukan HCl adalah :



Struktur ikatannya adalah :



$$\Delta H = (\frac{1}{2} \text{ H} - \text{H} + \frac{1}{2} \text{ Cl} - \text{Cl}) - (\text{H} - \text{Cl})$$

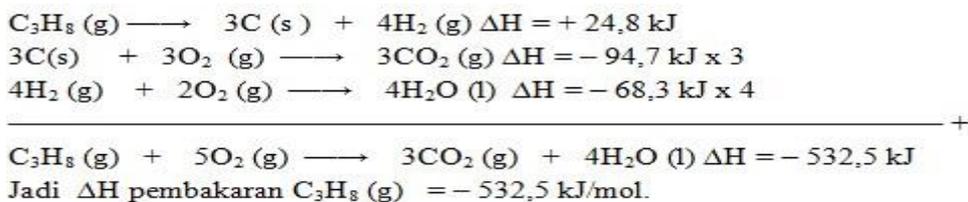
$$-92,3 = (\frac{1}{2} \times 243,4 + \frac{1}{2} \times 435,9) - (\text{H} - \text{Cl}) \text{ kJ/mol}$$

$$-92,3 = (339,65) - (\text{H} - \text{Cl})$$

$$\text{H} - \text{Cl} = 431,95 \text{ kJ/mol}$$

18. Jawab: A

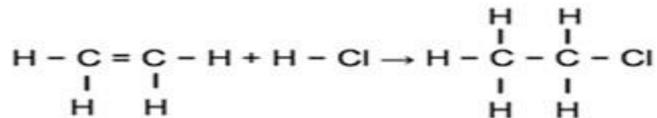
Pembahasan:



19. **Jawaban : C**

Pembahasan :

Struktur ikatan :



Energi total pemutusan ikatan (pereaksi) :

$$4 \times E_{\text{C-H}} = 4 \times 414 \text{ kJ/mol} = 1.656 \text{ kJ/mol}$$

$$1 \times E_{\text{C=C}} = 1 \times 611 \text{ kJ/mol} = 611 \text{ kJ/mol}$$

$$1 \times E_{\text{H-Cl}} = 1 \times 431 \text{ kJ/mol} = 431 \text{ kJ/mol} +$$

$$E.\text{total} = 2.698 \text{ kJ/mol}$$

Energi total pembentukan ikatan :

$$5 \times E_{\text{C-H}} = 5 \times 414 \text{ kJ/mol} = 2.070 \text{ kJ/mol}$$

$$1 \times E_{\text{C-C}} = 1 \times 347 \text{ kJ/mol} = 347 \text{ kJ/mol}$$

$$1 \times E_{\text{C-Cl}} = 1 \times 339 \text{ kJ/mol} = 339 \text{ kJ/mol} +$$

$$E.\text{total} = 2.756 \text{ kJ/mol}$$

ΔH reaksi = energi pemutusan ikatan – energi pembentukan ikatan

$$= (2.698 - 2.756) \text{ kJ/mol}$$

$$= -58 \text{ kJ/mol}$$

20. **Jawaban : D**

Pembahasan :

$$\Delta H = (\text{H} - \text{H} + \frac{1}{2} \text{O} = \text{O}) - \text{H} - \text{O} - \text{H}$$

$$-242 = (436 + 250) - \text{H} - \text{O} - \text{H}$$

$$\text{H} - \text{O} - \text{H} = 686 + 242$$

$$\text{H} - \text{O} - \text{H} = 928$$

$$\text{H} - \text{O} = 464$$

7. Kegiatan Belajar 7 – Konsep Laju Reaksi**a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran**

Tujuan Kegiatan Pembelajaran : Melalui diskusi kelas dengan menggali informasi dari berbagai sumber belajar, diharapkan siswa terlibat aktif selama proses pembelajaran, memiliki sikap ingin tahu, teliti dalam melakukan pengamatan dan bertanggungjawab dalam menyampaikan pendapat, dan menjawab pertanyaan diharapkan peserta didik dapat menjelaskan konsep laju reaksi, teori tumbukan, menjelaskan hubungan teori tumbukan dengan laju reaksi dan dapat menyajikan hasil diskusi tentang teori tumbukan dan pengaruhnya terhadap laju reaksi dengan mengembangkan nilai karakter berpikir kritis , kreatif (kemandirian), kerjasama (gotongroyong) dan kejujuran (integritas)

Uraian Materi**A. Tumbukan Sebagai Syarat Terjadinya Suatu Reaksi Kimia**

Teori kinetik molekul gas menyatakan bahwa molekul gas sering bertumbukan satu dengan lainnya. Reaksi kimia berlangsung sebagai akibat dari tumbukan antara molekul molekul yang bereaksi.

Tumbukan yang menghasilkan reaksi hanyalah tumbukan yang efektif. Tidak semua tumbukan antar partikel itu menghasilkan reaksi. Tumbukan yang menghasilkan reaksi disebut tumbukan yang efektif. Tumbukan efektif harus memenuhi dua syarat, yaitu orientasi (arah) yang tepat antar atom dan antar molekul yang bertumbukan dan energinya cukup.

Bagaimanakah arah tumbukan yang efektif? Dalam wadahnya, molekul-molekul pereaksi selalu bergerak ke segala arah dan sangat mungkin bertumbukan satu sama lain. Baik dengan molekul yang sama maupun dengan molekul berbeda. Tumbukan tersebut dapat memutuskan ikatan dalam molekul pereaksi dan kemudian membentuk ikatan baru yang menghasilkan molekul hasil reaksi

B. Energi Pengaktifan/Energi Aktivasi

Molekul-molekul pereaksi selalu bergerak dan peluang terjadinya tumbukan selalu ada. Akan tetapi, tumbukan yang terjadi belum tentu menjadi reaksi jika energi yang dimiliki oleh masing-masing pereaksi tidak cukup untuk menghasilkan tumbukan efektif, meskipun orientasi molekul sudah tepat untuk menghasilkan tumbukan efektif. Agar tumbukan antar molekul pereaksi efektif dan menjadi reaksi maka fraksi molekul yang bertumbukan harus memiliki energi lebih besar daripada energi pengaktifan. Apakah energi pengaktifan itu?

Energi kinetik minimum yang harus dimiliki partikel agar tumbukan efektif dan menghasilkan suatu reaksi disebut **energi pengaktifan (energi aktivasi)**. Energi pengaktifan/ Energi Aktivasi dilambangkan oleh E_a

- Jika energi kinetik < energi aktivasi, maka tidak akan terbentuk hasil reaksi.
- Jika energi kinetik > energi aktivasi, maka akan terbentuk hasil reaksi.

Semakin kecil energi aktivasi reaksi semakin cepat.

C. Pengertian Laju Reaksi

Cepat atau lambatnya suatu reaksi kimia dinyatakan sebagai laju reaksi

Laju reaksi berhubungan dengan waktu atau lamanya reaksi.

Pembakaran merupakan reaksi yang berlangsung cepat dan perkaratan merupakan reaksi yang berlangsung lambat.

Berdasarkan **Teori Tumbukan** laju reaksi sebanding dengan jumlah tumbukan efektif perdetik antara partikel-partikel yang bereaksi

Laju Reaksi adalah pengurangan konsentrasi pereaksi atau penambahan konsentrasi hasil reaksi persatuan waktu.

Laju Reaksi juga diartikan sebagai laju berkurangnya pereaksi atau laju bertambahnya hasil reaksi.

Satuan laju reaksi adalah M/det

Untuk reaksi $M \rightarrow N$

$$\boxed{v = - \frac{\Delta[M]}{\Delta t}} \quad \text{atau} \quad \boxed{v = + \frac{\Delta[N]}{\Delta t}}$$

Keterangan:

v = laju reaksi

Δt = selang waktu

$\Delta[M]$ = perubahan konsentrasi M

$\Delta[N]$ = perubahan konsentrasi N

Contoh 2:

Berdasarkan eksperimen pada reaksi :

$1 \text{ H}_2\text{O}_2(\text{aq}) + 2 \text{ HI}(\text{aq}) \rightarrow 2 \text{ H}_2\text{O}(\text{l}) + 1 \text{ I}_2(\text{aq})$, I_2 bertambah dari 0 menjadi 0,002 M dalam waktu 10 detik. Hitung laju reaksi I_2 , H_2O_2 , HI, dan H_2O .

Jawab :

$$\text{Laju reaksi } \text{I}_2 = \frac{0,002}{10} = 0,0002 \text{ M/s}$$

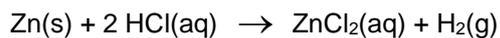
$$\text{Laju reaksi } \text{H}_2\text{O}_2 = \frac{1}{1} \times 0,0002 = 0,0002 \text{ M/s}$$

$$\text{Laju reaksi HI} = \frac{2}{1} \times 0,0002 = 0,0004 \text{ M/s}$$

$$\text{Laju reaksi } \text{H}_2\text{O} = \frac{2}{1} \times 0,0002 = 0,0004 \text{ M/s}$$



- Perhatikan data laju reaksi pada suhu 25°C berikut;



Waktu (detik)	10	20	30
Volume gas H_2 (mL)	80	200	320

Hitung laju pembentukan gas H_2 rata-rata pada suhu tersebut!

- Dalam ruang yang volumenya 2 L, 1 mol gas NH_3 terurai menjadi gas N_2 dan gas H_2 . Setelah 10 detik, ternyata gas NH_3 yang tersisa dalam ruang tersebut 0,6 mol. Tentukan laju reaksinya!
- Ke dalam ruang yang volumenya 5 liter, dimasukkan 8 mol gas N_2O_4 yang kemudian terurai menjadi gas NO_2 . Setelah 4 detik, dalam ruang tersebut terdapat 2 mol gas NO_2 . Tentukan laju reaksi penguraian N_2O_4 !

8. Kegiatan Belajar 8 – Penentuan Orde Reaksi

a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran

Tujuan Kegiatan Pembelajaran : Melalui model pembelajaran *Guided inquiry (inkuiri terbimbing)* dengan menggali informasi dari berbagai sumber belajar, penyelidikan sederhana dan mengolah informasi, diharapkan siswa terlibat aktif selama proses belajar mengajar berlangsung, memiliki sikap **ingin tahu**, **teliti** dalam melakukan pengamatan dan **bertanggungjawab** dalam menyampaikan pendapat, menjawab pertanyaan, memberi saran dan kritik diharapkan peserta didik dapat Menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi (konsentrasi, luas permukaan, suhu,katalis) dan Merancang dan melakukan percobaan untuk faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi dengan mengembangkan nilai karakter berpikir kritis , kreatif (**kemandirian**), kerjasama (**gotongroyong**) dan kejujuran (**integritas**)

Uraian Materi

A. Persamaan Laju reaksi dan Orde reaksi :

Persamaan laju reaksi tidak dapat diturunkan dari stoikiometri reaksi tetapi ditentukan melalui percobaan.

Untuk reaksi : $mA + nB \rightarrow pC + qD$

Secara umum dirumuskan oleh Guldberg dan Waage : $v = k [A]^x [B]^y$

x = orde reaksi terhadap A

y = orde reaksi terhadap B

$x + y$ = orde reaksi (total)

Konstanta laju reaksi (k) adalah tetapan yang harganya bergantung pada jenis pereaksi, suhu, dan katalis. Nilai konstanta laju reaksi berbanding terbalik dengan perubahan waktu. Semakin cepat reaksi berlangsung, maka nilai k semakin besar. Dan nilai konstanta laju reaksi berbanding lurus dengan perubahan suhu. Semakin tinggi suhu reaksi, maka nilai k semakin besar.

Nilai k dapat ditentukan dengan memasukkan salah satu data percobaan ke dalam persamaan laju reaksi.

Orde reaksi menyatakan besarnya pengaruh konsentrasi pereaksi pada laju reaksi. Orde reaksi dapat diketahui jika tahap reaksi bisa diamati (reaksi lambat) dan orde reaksi terhadap masing-masing zat adalah koefisien dari tahap reaksi yang paling lambat.

Contoh :

Reaksi $2AB(g) + 2C_2(g) \rightarrow A_2(g) + 2C_2B(g)$ berlangsung 2 tahap :

- I. $2AB(g) + C_2(g) \rightarrow A_2B + C_2B$ (**lambat**)
- II. $A_2B(g) + C_2(g) \rightarrow A_2(g) + 2C_2B(g)$ (cepat)
 - a. orde reaksi terhadap AB = 2
 - b. orde reaksi terhadap $C_2 = 1$
 - c. orde reaksi total $2 + 1 = 3$
 - d. persamaan laju reaksi $v = k [AB]^2 [C_2]$

Dari tahap reaksi II (cepat) tdk dpt ditentukan orde reaksinya

Sebagian besar reaksi sukar diamati tahap-tahapnya, orde reaksi dapat ditentukan berdasarkan persamaan laju reaksi yang diperoleh melalui eksperimen/percobaan.

Untuk reaksi $2 NO(g) + 2 H_2(g) \rightarrow N_2(g) + 2 H_2O(l)$ diperoleh persamaan $v = k [NO]^2[H_2]$, maka orde reaksi= $2+1=3$

Orde reaksi menyatakan besarnya pengaruh konsentrasi pereaksi pada laju reaksi.

Menentukan orde reaksi/tingkat reaksi dapat dilakukan dengan tiga cara :

1. Cara Logika
2. Cara komparatif
3. Cara grafik

Contoh 1:

Untuk reaksi : $2 H_2(g) + 2 NO(g) \rightarrow N_2(g) + 2 H_2O(l)$ diperoleh data percobaan sbb.:

Percobaan ke :	$[H_2]$ M	$[NO]$ M	v (M det ⁻¹)
1	0,1	0,1	30
2	0,5	0,1	150
3	0,1	0,3	270

Tentukan:

- a. Orde reaksi
- b. Persamaan laju reaksi
- c. Harga tetapan laju reaksi (k)

Penyelesaian :

1. Cara Logika :

Jika konsentrasi suatu zat dinaikkan a kali, maka laju reaksinya menjadi b kali; sehingga orde reaksi terhadap zat tersebut adalah:

$$a^x = b \text{ atau } [a]^x = v$$

- a. Untuk menentukan orde reaksi H_2 , pada $[NO]$ tetap, yaitu percobaan 1, 2.
 $[H_2]^x = v$, $[H_2] = \text{kenaikan } [H_2]$, $v = \text{kenaikan } v$,
 $5^x = 5$, maka $x=1$ Orde reaksi $[H_2]=1$

Untuk menentukan laju reaksi $[NO]$, pada $[H_2]$ tetap, yaitu percobaan 1, 3
 $[NO]^y = v$, $[NO] = \text{kenaikan } [NO]$, $v = \text{kenaikan } v$,
 $3^y = 9$, maka $y = 2$ Orde reaksi $[NO]=2$
 Orde reaksi total = $1 + 2 = 3$

- b. Persamaan laju reaksi : $v = k [H_2]^1 [NO]^2$

- c. $v = k [H_2]^1 [NO]^2$

dari data percobaan 1:

$$30 = k \cdot 0,1 \cdot (0,1)^2, \text{ jadi } k = \frac{30}{0,1 \cdot 0,01} = 30000$$

Contoh 2:

Dari reaksi : $2 Fe^{3+}(aq) + 3 S^{2-}(aq) \rightarrow S(s) + 2 FeS(s)$
 diperoleh data percobaan pada suhu tetap:

NO.	$[Fe^{3+}]$ M	$[S^{2-}]$ M	Laju reaksi (v) M/det
1	0,1	0,1	2
2	0,2	0,1	8
3	0,2	0,2	16
4	0,2	0,3	24

Tentukan orde reaksi dan persamaan laju reaksinya

2. Cara komparatif:

- a. Untuk menentukan orde reaksi H_2 , pada saat $[NO]$ tetap, yaitu dengan membandingkan data percobaan 1 dan 2

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{k[H_2]_1^x [NO]_1^y}{k[H_2]_2^x [NO]_2^y}$$

$$\frac{30}{150} = \frac{k[0,1]^x [0,1]^y}{k[0,5]^x [0,1]^y}$$

$$\frac{1}{5} = \frac{(0,1)^x}{(0,5)^x}$$

$$\frac{1}{5} = \left(\frac{1}{5}\right)^x \quad x = 1$$

Untuk menentukan orde reaksi NO, pada saat $[H_2]$ tetap, yaitu dengan membandingkan data percobaan 1 dan 3

$$\frac{v_1}{v_3} = \frac{k[H_2]_1^x [NO]_1^y}{k[H_2]_3^x [NO]_3^y}$$

$$\frac{30}{270} = \frac{k[0,1]^x [0,1]^y}{k[0,1]^x [0,3]^y}$$

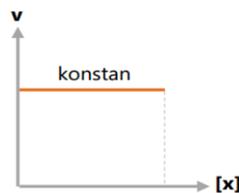
$$\frac{1}{9} = \frac{(0,1)^y}{(0,3)^y}$$

$$\frac{1}{9} = \left(\frac{1}{3}\right)^y \quad y = 2$$

- Persamaan laju reaksi : $v = k [H_2]^{-1} [NO]^2$
- $v = k [H_2]^{-1} [NO]^2$
- $150 = k \cdot 0,5 \cdot (0,1)^2$, jadi $k = \frac{150}{0,5 \cdot 0,01} = 30000$

3. Cara grafik :

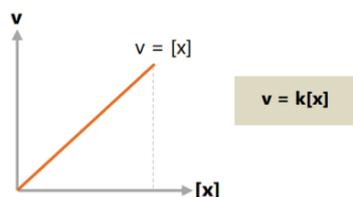
Beberapa orde reaksi yang umum terdapat dalam persamaan reaksi kimia:



Orde reaksi = 0

Bila diperoleh grafik fungsi v terhadap [konsentrasi] berupa garis lurus yang **sejajar** dengan sumbu x, berarti konsentrasi

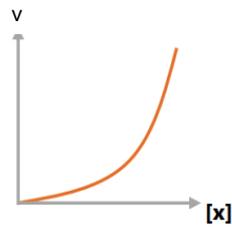
Gambar 2. grafik reaksi orde 0



Orde reaksi = 1

Bila diperoleh grafik fungsi v terhadap konsentrasi berupa **garis lurus**,

Gambar 3. grafik reaksi orde 1



$$v = k[x]^2$$

Orde reaksi = 2

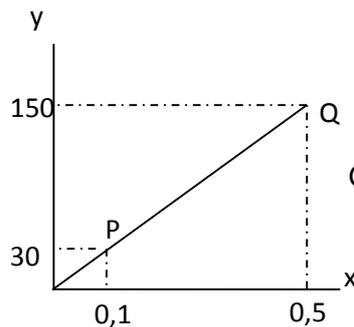
Bila diperoleh grafik fungsi v terhadap konsentrasi berupa **parabola**, merupakan fungsi kuadrat. Orde reaksi = 2

Gambar 4. grafik reaksi orde 2

4. Menentukan laju reaksi terhadap H_2 atau NO dengan membuat grafik. Sumbu x sebagai konsentrasi zat reaktan, sumbu y sebagai laju reaksi.

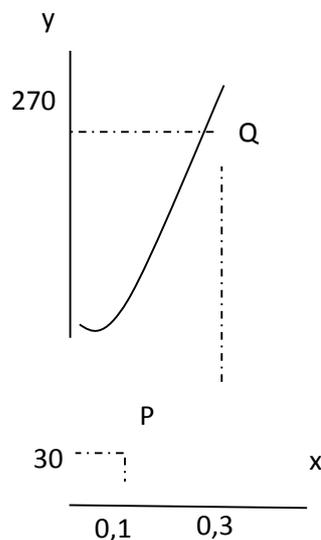
Untuk membuat grafik diperlukan minimal 3 buah titik agar diketahui berupa garis lurus atau parabola. Jika dari percobaan hanya diketahui 2 variabel yang berbeda maka titik ke 3 menggunakan $[H_2]$ atau $[NO] = 0$, sehingga laju reaksinya $juga = 0$

- a. Grafik dari percobaan ke 1 dan 2 (pada $[NO]$ tetap) sebagai berikut :



Grafik berupa garis lurus : orde reaksi $H_2 = 1$

Grafik dari percobaan ke 1 dan 3 (pada $[H_2]$ tetap) sebagai berikut :



Grafik berupa parabola: orde reaksi $NO =$

2

Persamaan laju reaksi : $v = k [H_2] [NO]^2$. Orde reaksi total = 1 + 2 = 3

b. $v = k [H_2]^1 [NO]^2$

$$270 = k \cdot 0,1 \cdot (0,3)^2, \text{ jadi } k = \frac{270}{0,1 \cdot 0,09} = 30000$$

Latihan 4.2

1. Diketahui data percobaan dari reaksi $S_2O_8^{2-} + 2 I^- \rightarrow 2 SO_4^{2-} + I_2$ sebagai berikut

Percobaan ke	Konsentrasi awal (M)		Laju awal reaksi (mol L ⁻¹ .det ⁻¹)
	S ₂ O ₈ ²⁻	I ⁻	
1	0,038	0,060	1,4 x 10 ⁻⁵
2	0,076	0,060	2,8 x 10 ⁻⁵
3	0,076	0,030	1,4 x 10 ⁻⁵

Tentukan :

- orde reaksinya secara komparatif.
- Persamaan laju reaksinya.
- Harga k

2. Pada reaksi : $2 NO + Br_2 \rightarrow 2 NOBr$ diperoleh data sebagai berikut :

No.	[NO]	[Br ₂]	v (M/det)
1	0,1	0,05	6
2	0,1	0,20	24
3	0,3	0,05	54

Tentukan :

- Orde reaksinya secara logika dan grafik
 - Persamaan laju reaksinya.
 - Harga k
3. Reaksi $2 NO + Cl_{2(g)} \rightarrow 2 NOCl_{(g)}$ mempunyai persamaan laju reaksi $v = k [NO]^2 [Cl_2]$, bagaimana laju reaksinya bila pada suhu tetap [NO] dinaikkan 2x dan [Cl₂] dinaikkan 3x.

4. Pada reaksi gas hidrogen dan gas nitrogen monoksida :
 $2\text{H}_2(\text{g}) + 2\text{NO}(\text{g}) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) + \text{N}_2(\text{g})$ diperoleh data sebagai berikut :

No.	[H ₂] M	[NO] M	V M det ⁻¹
1	0,01	0,02	32
2	0,02	0,02	64
3	0,04	0,04	512

Tentukan :

- orde reaksi H₂
 - orde reaksi NO
 - orde reaksi total
 - persamaan laju reaksi
 - harga k
5. Diketahui persamaan reaksi:



Data-data eksperimen diperoleh sebagai berikut:

No.	[P] M	[Q] M	[R] M	waktu (det)	v (M.det ⁻¹)
1.	0,1	0,03	0,1	96	1/96
2.	0,1	0,03	0,4	24	1/24
3.	0,1	0,06	0,4	6	1/6
4.	0,2	0,02	0,3	72	1/72
5.	0,4	0,02	0,3	73	1/73

- Tentukan orde reaksi P, Q, dan R
- Tentukan orde reaksi total
- Tulis persamaan laju reaksi
- Harga k

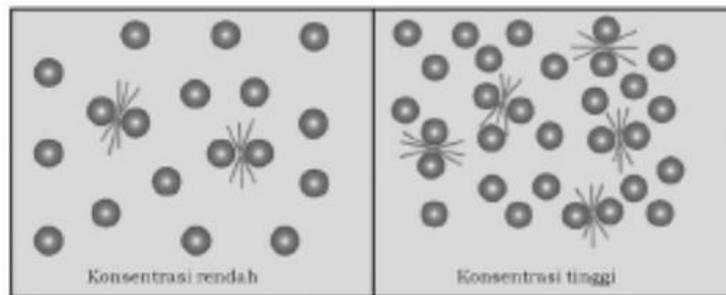
A. Faktor-faktor yang mempengaruhi Laju Reaksi

Jumlah tumbukan antar molekul dari zat-zat yang bereaksi memengaruhi proses berlangsungnya reaksi. Jika tumbukan antar partikel dari zat-zat pereaksi lebih banyak jumlahnya dan lebih sering terjadi maka suatu reaksi akan berlangsung lebih cepat. Sedangkan jika hanya sedikit partikel dari zat-zat pereaksi yang bertumbukan maka reaksi akan berlangsung lebih lambat.

Faktor-faktor yang memengaruhi laju reaksi antara lain:

a. Konsentrasi zat pereaksi

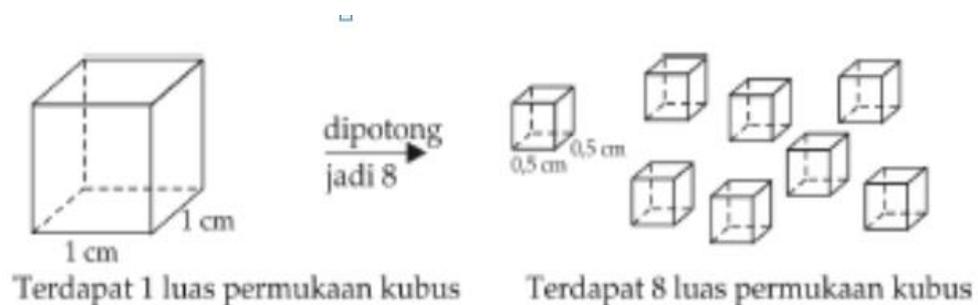
Makin besar konsentrasi (jumlah partikel makin banyak) berarti kerapatan partikel bertambah, makin besar pula kemungkinan partikel saling bertumbukan, sehingga mempercepat laju reaksi.



Gambar 5 Pengaruh konsentrasi

b. Luas Permukaan Sentuh

Tumbukan terjadi pada permukaan zat. Zat padat yang berbentuk serbuk dengan massa yang sama mempunyai permukaan yang lebih luas dibanding zat padat yang berbentuk kepingan, sehingga yang berbentuk serbuk lebih banyak tumbukan dan reaksi lebih cepat dari pada yang berbentuk kepingan.



Gambar 6 Pengaruh luas permukaan

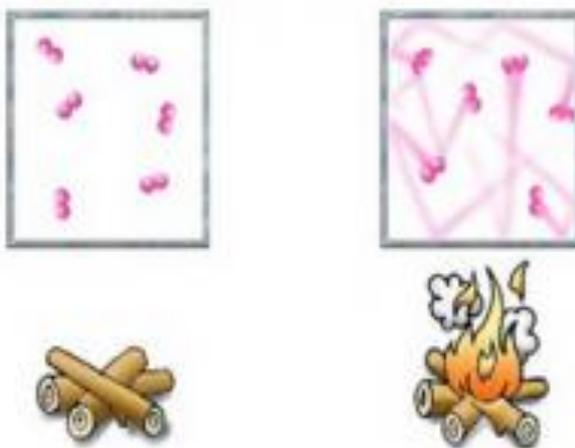
c. **Suhu/temperatur**

Suhu berbanding **lurus** dengan **laju reaksi**. Semakin tinggi suhu maka semakin besar juga energi kinetik rata-rata partikel reaktan sehingga akan banyak molekul yang mencapai energi aktivasi (bertumbukan) bertambah dan mempercepat laju reaksi.

Laju reaksi dapat dipercepat atau diperlambat dengan cara mengubah suhunya

Umumnya kenaikan suhu mempercepat reaksi dan penurunan suhu memperlambat reaksi. Jika suhu dinaikkan, maka kalor yang diberikan menyebabkan energi kinetik partikel pereaksi juga meningkat, sehingga gerak partikel makin cepat dan tumbukan antar partikel pereaksi makin banyak dan reaksi makin cepat.

Disamping itu, temperatur juga memperbesar energi potensial dari suatu zat. Zat-zat yang energi potensialnya kecil jika bertumbukan sukar menghasilkan reaksi karena sukar melampaui energi pengaktifan.



Gambar 7 Pengaruh suhu/temperatur

Energi yang diperlukan untuk mengubah partikel-partikel tidak aktif menjadi partikel-partikel aktif disebut energi aktivasi, E_a

Dengan demikian, laju reaksi tidak hanya bergantung pada banyaknya tumbukan (hanya faktor konsentrasi saja), tetapi juga bergantung pada efisiensi tumbukan faktor energi).

Untuk sistem reaksi pada temperatur tertentu, partikel memiliki suatu daerah energi kinetik. Ada yang energinya sangat rendah dan ada yang energinya sangat tinggi, tetapi kebanyakan berada pada tingkat energi rata-rata.

Pada saat temperatur dinaikkan, jumlah energi kinetik partikel-partikel yang bertumbukan bertambah sehingga distribusi energi tumbukan bergerak ke kanan. Selain itu, lebih banyak partikel yang memiliki energi lebih besar dari pada energi aktivasi sehingga reaksi makin cepat. Pertambahan laju reaksi dikarenakan kenaikan energi kinetik pada partikel yang cukup untuk bereaksi. Pada temperatur

tinggi, terdapat kenaikan tumbukan yang efisien sehingga lebih banyak partikel aktif.

Secara umum tiap kenaikan 10°C laju reaksi menjadi 2 kali lebih cepat.

Secara Umum :

$$v_2 = v_1 \times n^{\frac{\Delta T}{10}}$$

atau

$$t_2 = t_1 \times \frac{1}{n^{\frac{\Delta T}{10}}}$$

Keterangan:

v_1 : laju reaksi pada T awal

v_2 : laju reaksi pada T akhir

n : kelipatan laju reaksi

Contoh 1 :

Suatu reaksi berlangsung 2 kali lebih cepat setiap kenaikan 10° C. Jika laju reaksi pada suhu 40°C adalah 8 M det⁻¹, hitung laju reaksi pada suhu 70°C.

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} v_2 &= v_1 \times n^{\frac{\Delta T}{10}} \\ &= 8 \times 2^{\frac{70-40}{10}} \\ &= 8 \times 2^3 \\ &= 64 \text{ M det}^{-1} \end{aligned}$$

Contoh 2:

Suatu reaksi berlangsung 8 jam pada suhu 35°C. dan setiap kenaikan 10°C laju reaksi menjadi 2 kali lebih cepat, hitung waktu yang diperlukan jika suhu dinaikkan menjadi 55°C.

Penyelesaian :

$$\begin{aligned} t_2 &= t_1 \times \frac{1}{n^{\frac{\Delta T}{10}}} \\ &= 8 \times \frac{1}{2^{\frac{55-35}{10}}} \\ &= 8 \times \frac{1}{2^2} \\ &= 2 \text{ jam} \end{aligned}$$

Latihan 4.3

1. Laju reaksi bertambah 2 kali lipat setiap suhu dinaikkan 10°C . Jika laju reaksi pada suhu 15°C adalah x mol/L.det, tentukan laju reaksi pada suhu 75°C .
2. Suatu reaksi berlangsung 3 kali lebih cepat setiap kenaikan suhu 20°C . Jika pada suhu 50°C memerlukan waktu 27 detik untuk menghasilkan sejumlah tertentu produk, berapa waktu yang diperlukan untuk reaksi pada suhu:
 - a. 10°C
 - b. 110°C
3. Diketahui data suhu dan laju reaksi:

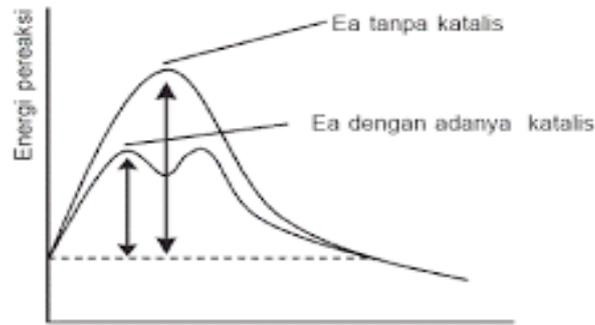
Suhu ($^{\circ}\text{C}$)	Laju Reaksi (M/det)
25	0,0001
45	0,0003
65	0,0009
85	.....

Berdasarkan data tersebut, tentukan laju reaksi pada suhu 85°C

d. Katalis

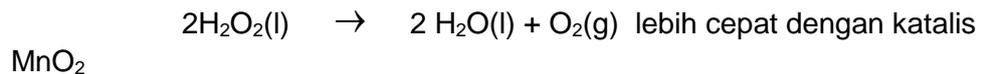
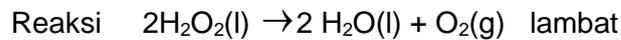
Katalis atau Katalisator adalah zat yang dapat mempercepat reaksi tetapi zat itu sendiri tidak mengalami perubahan yang kekal (pada akhir reaksi zat kembali seperti semula). Katalis zat padat, cair atau gas yang dapat larut berfungsi menurunkan energi pengaktifan sehingga reaksinya menjadi lebih cepat.

Pengaruh katalis terhadap laju reaksi berkaitan dengan energi aktivasi reaksi (E_a). Penggunaan katalis dalam reaksi kimia memberikan suatu mekanisme reaksi alternatif dengan harga E_a yang lebih rendah jika dibandingkan harga E_a reaksi tanpa katalis. Dengan harga E_a yang rendah, banyak partikel yang memiliki energi kinetik yang cukup



Gambar 8 Energi pengaktifan (E_a berkurang dengan adanya katalis)

Contoh:



Beberapa hal yang perlu diketahui mengenai katalis sebagai berikut :

1. Komposisi kimia katalis tidak berubah pada akhir reaksi.
2. Katalis tidak memulai suatu reaksi, tetapi mempengaruhi laju reaksi.
3. Katalis bekerja secara spesifik untuk reaksi tertentu.
4. Katalis bekerja pada temperatur optimum.
5. Katalis dapat diracuni oleh zat lain yang disebut sebagai racun katalis.
6. Keaktifan katalis dapat diperbesar oleh promotor (pemacu katalis)
7. Katalis dapat memperlambat reaksi disebut katalis negatif atau inhibitor.
8. Salah satu hasil reaksi dapat berfungsi sebagai katalis untuk reaksi selanjutnya.
9. Katalis yang terdapat pada makhluk hidup dikenal sebagai enzim.

Penggunaan katalis dalam industri kimia.

Dalam industri kimia untuk memperoleh hasil yang berkualitas tinggi dalam jumlah yang banyak dilakukan dengan proses yang efisien dan efektif. Dengan adanya katalis, reaksi-reaksi kimia yang terjadi menjadi lebih cepat, meningkatkan hasil produksi, dan menghemat biaya produksi.

a. Industri pembuatan **amonia**

Amonia disintesis dengan proses Haber Bosch yaitu dengan mereaksikan gas hidrogen dan gas nitrogen. Pada suhu kamar, reaksi berlangsung lambat, untuk mempercepat laju reaksi, ke dalam zat pereaksi ditambahkan katalis. Katalis yang digunakan yaitu logam besi

yang merupakan katalis heterogen. Katalis dapat dibuat lebih aktif dengan menambahkan aluminium oksida dan kalium oksida. Amonia digunakan sebagai bahan dasar pembuatan pupuk urea dan amonium sulfat.

b. Industri pembuatan **asam sulfat**

Asam sulfat dibuat dengan proses **kontak** yaitu reaksi antara belerang trioksida dengan oksigen menggunakan katalis heterogen yang berupa serbuk vanadium pentoksida (V_2O_5).

Asam sulfat digunakan sebagai bahan dasar pembuatan pupuk amonium sulfat, ammonium superfosfat, larutan elektrolit dalam aki.

Tes Formatif

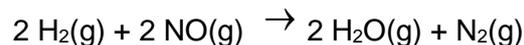
1. Perhatikan tabel hasil reaksi antara pualam dengan larutan asam sulfat pada suhu 28°C berikut!



Waktu (menit)	0	1	2	3	4	5	6	7
Volume gas CO_2 (mL)	0	14	23	31	38	40	40	40

Berdasarkan data tersebut, hitung laju reaksi rata-rata pembentukan gas karbon dioksida pada suhu tersebut.

2. Pada reaksi gas hidrogen dan gas nitrogen monoksida:



Percobaan ke :	$[\text{H}_2]$ M	$[\text{NO}]$ M	v M det^{-1}
1	0,01	0,02	32
2	0,02	0,02	64
3	0,04	0,04	512

Tentukan :

- Orde reaksi H_2
- Orde reaksi NO
- Orde reaksi total
- Persamaan laju reaksi
- Harga k

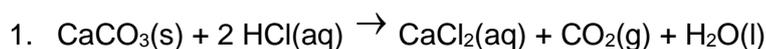
3. Untuk reaksi $A_{(g)} + B_{(g)} \rightarrow AB_{(g)}$ diperoleh data percobaan sebagai berikut :

No.	[A] M	[B] M	v (M s ⁻¹)
1	0,05	0,40	2
2	0,20	0,40	8
3	0,40	0,80	32

Tentukan :

- Harga k
 - Jika [A] = 0,10 M dan [B] = 1,2 M, bagaimana laju reaksinya
4. Pada reaksi $A + B \rightarrow AB$, jika pada suhu tetap [A] dinaikkan 2x dan [B] tetap maka laju reaksi menjadi 4 x lebih besar. Jika [A] dan [B] masing-masing dinaikkan 2x maka laju reaksi menjadi 8x lebih besar, tentukan persamaan laju reaksinya.
5. Jika waktu reaksi pada 145°C = 54 detik dan tiap kenaikan 20°C laju reaksi menjadi 3 kali semula. Tentukan waktu reaksi pada suhu 185°C.

PEMBAHASAN SOAL TES FORMATIF



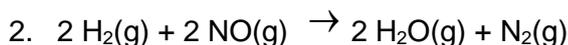
$$v_1 = \frac{V_1}{\Delta t_1} = \frac{14}{1} = 14$$

$$v_2 = \frac{V_2}{\Delta t_2} = \frac{9}{1} = 9$$

$$v_3 = \frac{V_3}{\Delta t_3} = \frac{8}{1} = 8 \quad v \text{ Rata-rata} = \frac{40}{5} = 8 \text{ mL.menit}^{-1}$$

$$v_4 = \frac{V_4}{\Delta t_4} = \frac{7}{1} = 7$$

$$v_5 = \frac{V_5}{\Delta t_5} = \frac{2}{1} = 2$$



- a. Untuk menentukan orde reaksi H₂, pada [NO] tetap, yaitu percobaan 1, 2.

$$[H_2]^x = v, \quad [H_2] = \text{kenaikan } [H_2], \quad v = \text{kenaikan } v, \\ 2^x = 2, \quad \text{maka } x=1 \quad \text{Orde reaksi } [A]=1$$

- b. Untuk menentukan orde reaksi NO, bandingkan percobaan 1, 3

$$\frac{v_1}{v_3} = \frac{k[H_2]_1^x [NO]_1^y}{k[H_2]_3^x [NO]_3^y}$$

$$\frac{32}{512} = \frac{k[0,01]^1 [0,02]^y}{k[0,04]^1 [0,04]^y}$$

$$\frac{1}{16} = \frac{k[1]^1 [1]^y}{k[4]^1 [2]^y}$$

$$\frac{1}{16} = \frac{1}{4} \times \left(\frac{1}{2}\right)^y \quad \frac{1}{4} = \left(\frac{1}{2}\right)^y \quad y = 2$$

- c. Orde reaksi total = 1 + 2 = 3
 d. Persamaan Laju Reaksi: $v = k [H_2] [NO]^2$
 e. Untuk menentukan harga k misalnya dari data percobaan 1
 $v = k [H_2] [NO]^2$
 $32 = k (0,01) (0,02)^2$
 $k = \frac{32}{4 \cdot 10^{-6}} = 8 \cdot 10^6$

3. $A(g) + B(g) \rightarrow AB(g)$
 Untuk menentukan orde reaksi H₂, pada [NO] tetap, yaitu percobaan 1, 2.

$$[A]^x = v, \quad [A] = \text{kenaikan } [A], \quad v = \text{kenaikan } v, \\ 4^x = 4, \quad \text{maka } x=1 \quad \text{Orde reaksi } [A]=1$$

Untuk menentukan orde reaksi B, bandingkan percobaan 1, 3

$$\frac{v_1}{v_3} = \frac{k[A]_1^x [B]_1^y}{k[A]_3^x [B]_3^y}$$

$$\frac{2}{32} = \frac{k[0,05]^1 [0,4]^y}{k[0,4]^1 [0,8]^y}$$

$$\frac{1}{16} = \frac{k[1]^1 [1]^y}{k[8]^1 [2]^y}$$

$$\frac{1}{2} = \left(\frac{1}{2}\right)^y \quad y = 1$$

- a. Untuk menentukan harga k misalnya dari data percobaan 1
 $v = k [A] [B]^2$

$$2 = k (0,05) (0,4)^2 \quad k = 250$$

- b. $v = k [A] [B]^2$
 $v = 250 (0,1) (1,2)^2$
 $v = 36 \text{ M.det}^{-1}$

4. Untuk menentukan orde reaksi A, pada [B] tetap, yaitu percobaan 1, 2.

$$[A]^x = v, \quad [A] = \text{kenaikan } [A], \quad v = \text{kenaikan } v,$$

$$4^x = 4, \quad \text{maka } x=1 \quad \text{Orde reaksi } [A]=1$$

- Untuk menentukan orde reaksi B, bandingkan percobaan 1, 3

$$\frac{v_1}{v_3} = \frac{k[A]_1^x [B]_1^y}{k[A]_3^x [B]_3^y}$$

$$\frac{2}{32} = \frac{k[0,05]^1 [0,4]^y}{k[0,4]^1 [0,8]^y}$$

$$\frac{2}{32} = \frac{k[1]^1 [1]^y}{k[8]^1 [2]^y}$$

$$\frac{1}{16} = \frac{1}{8} \times \left(\frac{1}{2}\right)^y \quad \frac{1}{2} = \left(\frac{1}{2}\right)^y \quad y = 1$$

5. $v = k [A]^x [B]^y$

$$4 = k 2^x 1^0$$

$$4 = k 2^x \quad 2^x = 4 \quad x = 2$$

$$t_2 = t_1 \times \frac{1}{n}^{\frac{x}{y}}$$

$$= 54 \times \frac{1}{3}^{\frac{40}{20}} = 6 \text{ menit}$$

9. Kegiatan Belajar 9 – Keseimbangan Kimia

a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran

Melalui kegiatan diskusi kelompok peserta didik dapat menghayati, mengamalkan ajaran agama yang dianutnya dalam mempelajari tetapan keseimbangan kimia berdasarkan konsentrasi (K_c) dan tetapan keseimbangan kimia berdasarkan tekanan (K_p), dan derajat disosiasi hubungannya dengan K_c , memiliki sikap ingin tahu), aktif dan bekerjasama (**collaboration, gotong royong**) dalam mengolah informasi, kreatif dan inovatif (**creativities, kemandirian**) dalam melakukan penyelidikan sederhana (**problem solving**), teliti dalam melakukan pengamatan, menganalisis data hasil percobaan dengan jujur dan bertanggung jawab (**integritas**)

b. Uraian Materi

I. KESETIMBANGAN KIMIA

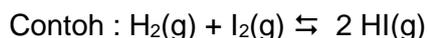
A. KONSEP KESETIMBANGAN KIMIA

1. Reaksi Tidak Dapat Balik Dan Reaksi Dapat Balik

Reaksi tidak dapat balik = reaksi berkesudahan = reaksi satu arah = irreversible adalah reaksi yang berlangsung tuntas, reaksi berhenti jika salah satu atau semua reaktan habis bereaksi.



Reaksi dapat balik = reaksi bolak balik=reaksi dua arah=reversible adalah reaksi yang berlangsung dua arah yaitu dari reaktan dan produk.



2. Keseimbangan Dinamis

Dalam keadaan setimbang tidak terjadi perubahan yang makroskopis (perubahan yang dapat dilihat atau diukur) tetapi karena reaksi terus menerus berlangsung maka perubahan mikroskopis tetap terjadi. Keadaan ini disebut **keseimbangan dinamis**.

Jika laju reaksi ke kanan sama dengan laju reaksi ke kiri maka tercapailah keadaan setimbang atau **reaksi setimbang**.

Dalam sistem keseimbangan dinamis, reaksi yang menuju hasil reaksi dan reaksi yang menuju pereaksi berlangsung secara bersamaan dengan laju yang sama sehingga konsentrasi masing-masing zat dalam sistem keseimbangan tidak berubah.

Jika kita dapat melihat sistem keseimbangan dinamis secara molekuler, akan tampak partikel-partikel dalam sistem keseimbangan tidak tetap sebagai pereaksi atau hasil reaksi, melainkan bereaksi terus dalam dua arah secara

dinamis. Pereaksi akan berubah menjadi hasil reaksi diimbangi oleh hasil reaksi berubah menjadi pereaksi.

Jadi, kesetimbangan kimia dikatakan dinamis sebab secara molekuler (mikroskopik) zat-zat tersebut berubah setiap saat, tetapi secara keseluruhan (makroskopik) tidak ada perubahan sifat fisik, baik wujud maupun konsentrasi masing-masing zat.

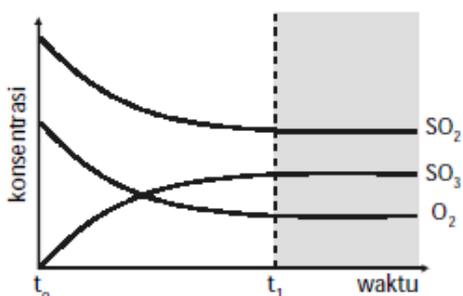
Keadaan kesetimbangan dinamis dapat dianalogikan sebagai seseorang yang berjalan di eskalator, tetapi arahnya berlawanan dengan arah eskalator. Eskalator bergerak ke bawah dan orang tersebut bergerak ke atas dengan kecepatan yang sama. Akibatnya, orang tersebut seperti berjalan di tempat. Secara makroskopik, kedudukan orang tersebut tidak berubah sebab tidak bergeser dari posisinya, tetapi secara mikroskopik terjadi perubahan terus menerus, seperti ditunjukkan oleh gerakan eskalator yang diimbangi oleh gerakan orang tersebut dengan kecepatan yang sama (perhatikan gambar berikut). Persamaan kimia untuk reaksi kesetimbangan dinyatakan dengan dua arah anak panah, misalnya pada reaksi pembentukan amonia, persamaan kimianya ditulis sebagai berikut:



Tinjau reaksi pembentukan belerang trioksida berikut.



Jika konsentrasi masing-masing zat dalam sistem kesetimbangan itu diukur. Kemudian hasilnya dituangkan ke dalam bentuk grafik hubungan antara konsentrasi zat dan waktu reaksi maka kurva yang terbentuk seperti pada gambar dibawah ini:

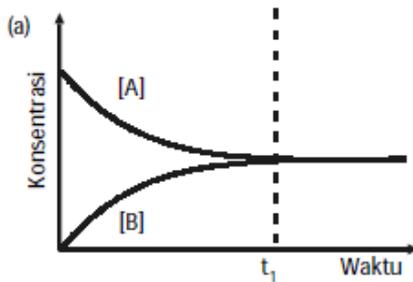


Bagaimanakah cara memahami makna kurva tersebut? Simak dengan saksama. Pada $t = 0$ detik, hanya terdapat pereaksi (SO_2 dan O_2) dengan konsentrasi awal tertentu. Dengan mengendalikan suhu dan tekanan, pereaksi mulai berubah menjadi hasil reaksi (SO_3).

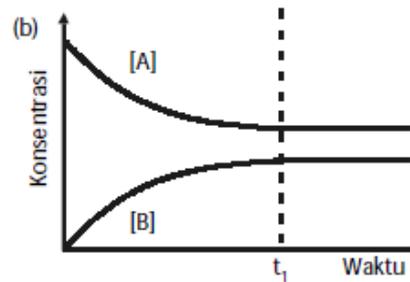
Pada saat SO_3 mulai terbentuk, sebagian SO_3 terurai kembali menjadi pereaksi. Akan tetapi, karena jumlah molekul pereaksi lebih banyak, laju penguraian SO_3 relatif lebih lambat dibandingkan laju pembentukan SO_3 sehingga pembentukan SO_3 masih dominan. Reaksi dalam dua arah berlangsung terus sampai mendekati waktu t_1 , laju ke dua arah ini hampir sama. Setelah mencapai waktu t_1 , laju pembentukan dan laju penguraian SO_3 sama sehingga konsentrasi pereaksi dan hasil reaksi tidak berubah lagi terhadap waktu. Hal ini ditunjukkan oleh bentuk kurva yang mendatar.

Semua reaksi kesetimbangan dapat dinyatakan dalam bentuk grafik dengan bentuk yang berbeda bergantung pada sifat reaksinya, seperti ditunjukkan pada

kurva



dibawah



ini:

- (a) Keseimbangan: $aA \rightleftharpoons bB$
Konsentrasi kesetimbangan hasil reaksi B sama dengan konsentrasi kesetimbangan pereaksi A
- (b) Konsentrasi kesetimbangan hasil reaksi B berbeda dengan konsentrasi kesetimbangan pereaksi A

Dengan demikian, disimpulkan bahwa :

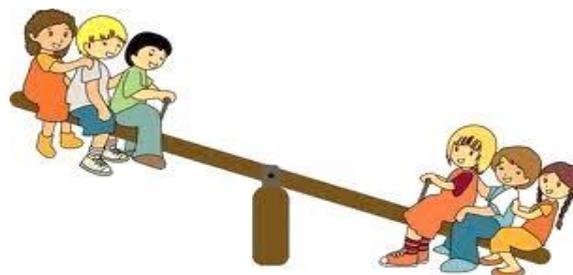
Pada kesetimbangan, konsentrasi zat-zat pereaksi dan produk reaksi tidak berubah lagi dengan waktu. Kesetimbangan bersifat dinamis, artinya reaksi terus berlangsung dengan laju reaksi ke kanan sama dengan laju reaksi ke kiri.

Kegiatan

Tujuan :

Setelah melakukan diskusi bersama kelompok diharapkan siswa dapat menjelaskan konsep kesetimbangan dinamis.

Pernahkah kalian menggunakan benda berikut ini?



Gambar di atas adalah gambar anak-anak yang sedang bermain jungkat jungkit. Kalian tentu pernah bermain jungkat-jungkit. Apakah kita bisa bermain jungkat-jungkit sendirian? Tidak. Permainan jungkat jungkit adalah permainan dua arah. Artinya, untuk dapat balik, harus ada orang lain yang berada di sisi yang lain dari jungkat-jungkit tersebut

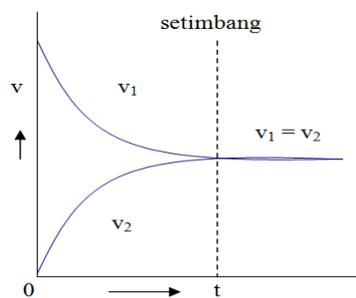


Pernahkah kalian menggunakan alat ini? Apa hubungan ilustrasi di atas dengan reaksi kimia?

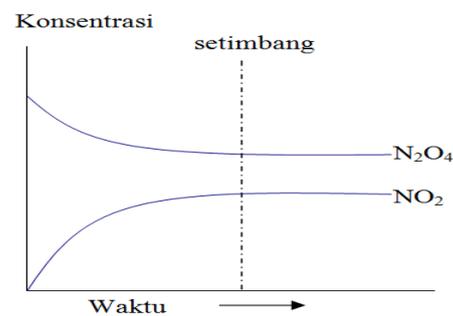
3. Keadaan Setimbang

Perhatikan kurva berikut dengan teliti!

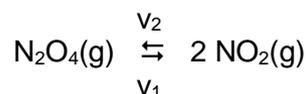
Misalkan laju reaksi maju v_1 (laju disosiasi N_2O_4) dan laju reaksi balik v_2 (laju sintesis v_1 bergantung pada konsentrasi N_2O_4 , sedangkan nilai v_2 bergantung pada



Gambar 1. Grafik perubahan laju reaksi terhadap waktu



Gambar 2. Grafik perubahan konsentrasi pereaksi dan hasil reaksi menuju keadaan setimbang.



konsentrasi NO_2 .

Berdasarkan kurva di atas, jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut:

1. Apakah yang dapat kalian temukan berdasarkan kurva 1?
2. Apakah yang dapat kalian temukan berdasarkan kurva 2?
3. Tuliskan hal-hal yang tidak kalian pahami berdasarkan pengamatan yang telah kalian lakukan pada kurva 1 (dalam bentuk pertanyaan)!
4. Tuliskan hal-hal yang tidak kalian pahami berdasarkan pengamatan yang telah kalian lakukan pada kurva 2 (dalam bentuk pertanyaan)!
5. Berdasarkan kurva, pada saat t (setimbang, ditandai dengan garis vertikal putus-putus), bagaimanakah nilai v_1 dan v_2 ?
6. Berdasarkan kurva, bagaimana nilai v_1 dan v_2 setelah melewati waktu t tersebut?
7. Berdasarkan jawaban Anda pada nomor 1 dan 2, apakah arti dari pernyataan tersebut?
8. Pada saat t (setimbang, ditandai dengan garis vertikal putus-putus, bagaimanakah nilai konsentrasi N_2O_4 dan NO_2 ?
9. Bagaimana nilai konsentrasi N_2O_4 dan NO_2 setelah melewati waktu t tersebut?
10. Berdasarkan jawaban Anda pada nomor 4 dan 5, apakah arti dari pernyataan tersebut?

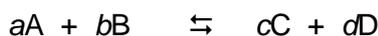
Ketika $v_1 = v_2$, jumlah masing-masing komponen tidak berubah terhadap waktu. Secara makroskopis tidak ada perubahan yang dapat diamati atau diukur, reaksi seolah-olah telah berhenti

Keadaan yang kita amati pada kurva merupakan keadaan setimbang.

B. TETAPAN KESETIMBANGAN (K_c)

1. Hukum Kesetimbangan

Pada tahun 1864, **Cato Maximilian Guldberg** dan **Peter Waage** menemukan hubungan sederhana antara konsentrasi zat-zat pereaksi dan produk reaksi sewaktu reaksi kimia mencapai kesetimbangan dinamis. Jika reaksi dapat balik dinyatakan sebagai:



maka hubungan antara konsentrasi pereaksi dan produk reaksinya dapat dirumuskan sebagai berikut:

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

Rumus ini dikenal sebagai **Rumus Aksi Massa** di mana Q adalah **quotient** reaksi yang merupakan perbandingan hasil kali konsentrasi produk reaksi yang dipangkatkan dengan koefisien reaksinya, terhadap hasil kali konsentrasi pereaksi yang dipangkatkan dengan koefisien reaksinya.

Pada keadaan setimbang, nilai Q adalah tetap dan inilah yang dikenal sebagai **tetapan kesetimbangan (K_c)**. (*Subskrip c menyatakan konsentrasi*)

$$Q = K_c$$

Jadi, tetapan kesetimbangan K_c dapat ditulis sebagai berikut:

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

Persamaan ini dikenal sebagai **persamaan tetapan kesetimbangan**. Hubungan antara konsentrasi zat-zat pereaksi dan produk reaksi ini dalam persamaan tetapan kesetimbangan disebut **Hukum Kesetimbangan** yang dirumuskan sebagai berikut:

Pada keadaan setimbang, perbandingan hasil kali konsentrasi produk reaksi yang dipangkatkan dengan koefisiennya terhadap hasil kali konsentrasi pereaksi yang dipangkatkan dengan koefisiennya adalah **tetap**.

Pada keadaan setimbang, perbandingan hasil kali konsentrasi produk reaksi yang dipangkatkan dengan koefisiennya terhadap hasil kali konsentrasi pereaksi yang dipangkatkan dengan koefisiennya adalah *tetap*.

Untuk memahami hukum kesetimbangan ini, lakukan kegiatan berikut:

- Berdasarkan hasil percobaan didapat data sebagai berikut :



Lengkapilah kolom A, B dan C pada tabel berikut ini!

No	Konsentrasi komponen dalam kesetimbangan			A	B	C
	[H ₂]	[I ₂]	[HI]			
				$\frac{[\text{HI}]^2}{[\text{H}_2][\text{I}_2]}$	$\frac{[\text{HI}]^2}{[\text{H}_2][\text{I}_2]}$	$\frac{[\text{H}_2][\text{I}_2]}{[\text{HI}]^2}$
1.	0,00421	0,00421	0,0294	.....	.....	.....
2.	0,0110	0,00420	0,0473	.....	.....	.....
3.	0,0110	0,0550	0,1730	.....	.....	.....
4.	0,0430	0,0620	0,3580	.....	.....	.....

- Berdasarkan hasil percobaan didapat data sebagai berikut :



Lengkapilah kolom A, B dan C pada tabel berikut ini!

No	Konsentrasi komponen dalam kesetimbangan			A	B	C
	[CO]	[H ₂]	[CH ₃ OH]			
				$\frac{[\text{CO}][\text{H}_2]^2}{[\text{CH}_3\text{OH}]}$	$\frac{[\text{CH}_3\text{OH}]}{[\text{CO}][\text{H}_2]^2}$	$\frac{[\text{CO}][\text{H}_2]}{[\text{CH}_3\text{OH}]^2}$
1.	0,001	0,005	0,401	.....	.....	.....
2.	0,001	0,001	0,016	.....	.....	.....
3.	0,002	0,002	0,128	.....	.....	.....
4.	0,002	0,001	0,032	.....	.....	.....

Pertanyaan :

- Berdasarkan perhitungan yang kalian lakukan, kombinasi manakah dalam tabel I dan II di atas yang hasil perbandingannya menunjukkan harga konstan? Tuliskan persamaannya!
- Dalam perhitungan, koefisien reaksi digunakan sebagai Persamaan inilah yang disebut dengan **konstanta/tetapan kesetimbangan (K_c)**. Jadi, tetapan kesetimbangan adalah

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

2. Kesetimbangan Homogen dan Heterogen

Berdasarkan wujud dari zat-zat pereaksi dan produk reaksi, kesetimbangan dapat dibedakan menjadi **kesetimbangan homogen** dan **kesetimbangan heterogen**.

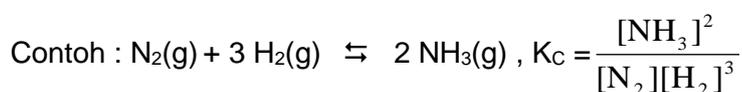
a. Kesetimbangan Homogen

Kesetimbangan homogen adalah kesetimbangan di mana **semua pereaksi dan produk reaksi berada dalam wujud yang sama**.

Pada keadaan setimbang, konsentrasi komponen-komponen zat dalam sistem tetap, terdapat hubungan antara konsentrasi reaktan dan produk. Harga K tetap pada suhu tetap.

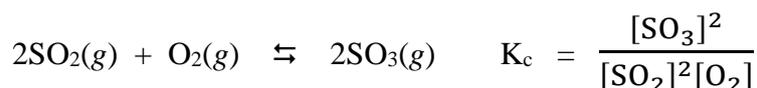
Tetapan kesetimbangan (K) Menurut Guldberg-Waage berlaku hukum kesetimbangan,

Untuk reaksi kesetimbangan homogen :

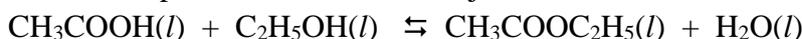


- Pereaksi dan produk reaksi dalam wujud gas

Contoh:

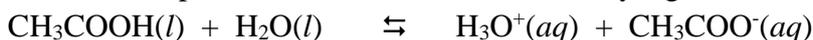


- Pereaksi dan produk reaksi dalam wujud cair



$$K_c = \frac{[\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5][\text{H}_2\text{O}]}{[\text{CH}_3\text{COOH}][\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}]}$$

- Pereaksi dan produk reaksi larut dalam zat cair yang sama



Pada reaksi ini, air (H₂O) bertindak sebagai pelarut sekaligus pereaksi. Akan tetapi, konsentrasi H₂O sangat besar (~55,56 M) dibandingkan konsentrasi zat-zat lainnya dan hanya sebagian kecil H₂O yang bereaksi. Oleh karenanya, konsentrasi H₂O dapat dianggap tetap dan dimasukkan ke dalam K_c sehingga tidak muncul dalam persamaan tetapan kesetimbangannya.

$$K_c = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}][\text{H}_2\text{O}]}$$

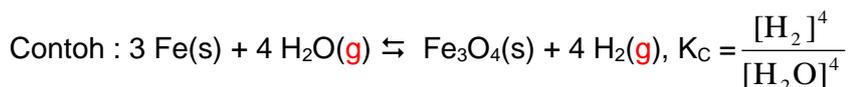
$$\underbrace{K_c[\text{H}_2\text{O}]} = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}$$

$$K_c = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}$$

b. Kesetimbangan Heterogen

Kesetimbangan heterogen adalah kesetimbangan di mana terdapat lebih dari satu wujud zat dalam reaksi.

Untuk reaksi kesetimbangan heterogen :



Keterangan : konsentrasi padat dan cair tetap

Simak kedua contoh berikut:

Contoh 1



Reaksi kesetimbangan ini melibatkan zat padat murni, yakni CaCO_3 dan CaO . Oleh karena konsentrasi zat padat murni adalah tetap, maka konsentrasi CaCO_3 dan CaO dimasukkan ke tetapan kesetimbangan K_c dan tidak muncul dalam persamaan tetapan kesetimbangannya.

$$K_c' = \frac{[\text{CaO(s)}][\text{CO}_2\text{(g)}]}{[\text{CaCO}_3\text{(s)}]}$$

$$K_c' \frac{[\text{CaCO}_3\text{(s)}]}{[\text{CaO(s)}]} = [\text{CO}_2\text{(g)}]$$

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

Contoh 2



Reaksi kesetimbangan ini melibatkan zat padat murni PCl_5 dan zat cair murni PCl_3 . Oleh karena konsentrasi zat padat murni dan zat cair murni adalah tetap, maka konsentrasi PCl_5 dan PCl_3 tidak dimasukkan ke dalam tetapan kesetimbangan K_c . Jadi, diperoleh:

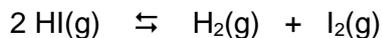
$$K_c = [\text{Cl}_2]$$

Contoh 3

Dalam suatu wadah yang volumenya 2 L, dimasukkan 0,1 mol HI, lalu terurai menurut reaksi :

$2 \text{HI(g)} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{(g)} + \text{I}_2\text{(g)}$. Jika I_2 yang terbentuk 0,02 mol, hitung tetapan kesetimbangannya!

Penyelesaian :



Mula-mula 0,1

Terurai $\frac{2}{1} \times 0,02$ $\frac{1}{1} \times 0,02$ **0,02** mol

Setimbang 0,1- 0,04 0,02 0,02 mol

$$[\text{HI}] = \frac{0,06}{2} = 0,03 \text{ M}$$

$$[\text{H}_2] = \frac{0,02}{2} = 0,01 \text{ M}$$

$$[\text{I}_2] = \frac{0,02}{2} = 0,01 \text{ M}$$

$$K_C = \frac{[H_2][I_2]}{[HI]^2}$$

$$= \frac{(0,01)(0,01)}{(0,03)^2} = \frac{1}{9}$$

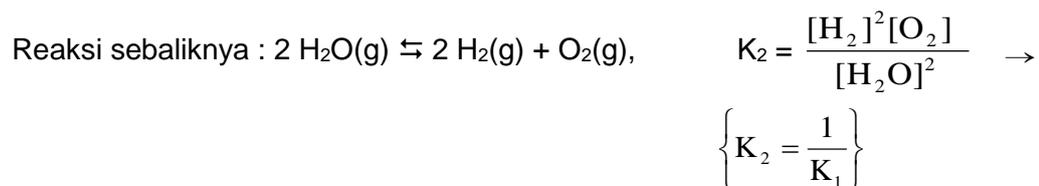
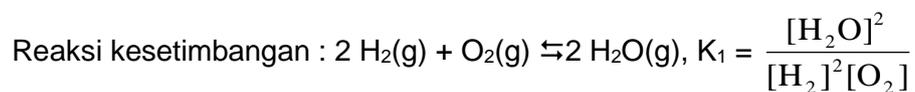
Latihan 4.1

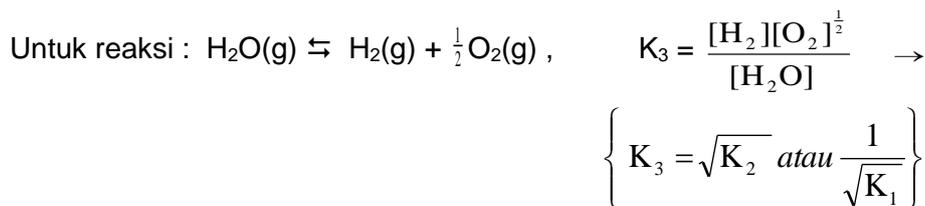
- Tulislah hukum kesetimbangan untuk reaksi :
 - $COCl_2(g) \rightleftharpoons CO(g) + Cl_2(g)$
 - $BiCl_3(aq) + H_2O(aq) \rightleftharpoons BiOCl(s) + 2 HCl(aq)$
- Pada suhu $400^\circ C$ dalam ruang 5 L terdapat sistem kesetimbangan : $2 HBr(g) \rightleftharpoons H_2(g) + Br_2(g)$. Pada saat kesetimbangan tercapai di dalam ruang, terdapat 0,25 mol H_2 dan 0,25 mol Br_2 serta 0,50 mol HBr . Hitunglah K_C
- Pada suhu tertentu dalam ruang 5 L terdapat kesetimbangan sebagai berikut : $2SO_3(g) \rightleftharpoons 2SO_2(g) + O_2(g)$. Apabila mula-mula dalam ruang tersebut dipanaskan 40 gram SO_3 ($M_r=80$) pada suhu itu hingga keadaan setimbang tercapai, ternyata terdapat perbandingan mol $SO_3 : O_2 = 2 : 1$, hitung K_C

Tes Formatif I

- Tuliskan persamaan tetapan kesetimbangan untuk reaksi berikut:
 - $CO(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons CH_4(g) + H_2O(g)$
 - $Ag^+(aq) + 2NH_3(aq) \rightleftharpoons Ag(NH_3)_2^+(aq)$
 - $BiCl_3(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons BiOCl(s) + 2HCl(aq)$
 - $Mg(OH)_2(s) \rightleftharpoons MgO(s) + H_2O(g)$
- Ke dalam wadah yang volumenya 2 L, dimasukkan 1 mol gas CO dan 2 mol gas H_2O sehingga bereaksi dan mencapai kesetimbangan berikut : $CO(g) + H_2O(g) \rightleftharpoons CO_2(g) + H_2(g)$. Pada saat setimbang masih ada gas CO 0,5 mol. Hitung harga K_C

- Menentukan tetapan kesetimbangan dari suatu persamaan reaksi yang setara.**





Catatan :

1. Jika persamaan reaksi kesetimbangan **dibalik**, maka tetapan kesetimbangan yang baru merupakan **kebalikan** tetapan kesetimbangan semula.
2. Jika koefisien reaksi kesetimbangan **dikalikan n**, maka tetapan kesetimbangan yang baru merupakan **pangkat n** dari tetapan kesetimbangan semula.
3. Jika koefisien reaksi kesetimbangan **dibagi n**, maka tetapan kesetimbangan yang baru merupakan **akar pangkat n** dari tetapan kesetimbangan semula.
4. Tetapan kesetimbangan untuk reaksi-reaksi yang **dijumlahkan** merupakan **hasil kali** tetapan kesetimbangan dari reaksi-reaksi yang dijumlahkan.

Contoh :

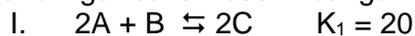
1. Konstanta kesetimbangan (K_1) untuk reaksi : $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{g})$ adalah 900 pada suhu 530°C .
Pada suhu yang sama, hitunglah konstanta kesetimbangan (K_2) untuk reaksi



Penyelesaian :

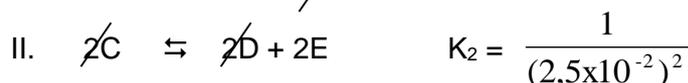
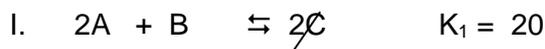
$$K_2 = \frac{1}{\sqrt{K_1}} = \frac{1}{\sqrt{900}} = \frac{1}{30}$$

2. Diketahui tiga reaksi kesetimbangan :



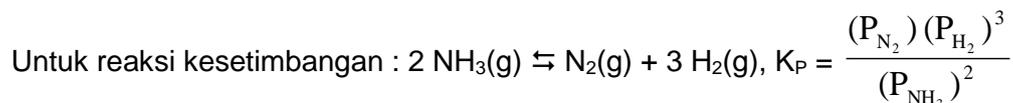
Hitung harga K_4 untuk reaksi kesetimbangan : $2\text{A} + \text{B} + 4\text{F} \rightleftharpoons 2\text{E} + 6\text{G}$

Penyelesaian :



$$= 20 \times \frac{1}{(2,5 \times 10^{-2})^2} \times 16 = 5,12 \times 10^5$$

C. Tetapan Kesetimbangan Gas (K_P)



Contoh :

Dalam suatu reaksi kesetimbangan : $\text{A}(\text{g}) + \text{B}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{C}(\text{g})$ jika 0,1 mol gas A, 0,15 mol gas B, dan 0,25 mol gas C dalam keadaan **setimbang** berada dalam suatu tempat bertekanan 2 atm, hitunglah :

- tekanan parsial gas-gas
- tetapan kesetimbangan gas

Penyelesaian :

Jumlah mol total gas $\text{A}+\text{B}+\text{C} = (0,1 + 0,15 + 0,25) \text{ mol} = 0,5 \text{ mol}$

$$\begin{aligned} \text{a. } P_A &= \frac{\text{mol A}}{\text{mol total gas}} \times P_{\text{total}} \\ &= \frac{0,1}{0,5} \times 2 \text{ atm} = 0,4 \text{ atm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. } P_B &= \frac{\text{mol B}}{\text{mol total gas}} \times P_{\text{total}} \\ &= \frac{0,15}{0,5} \times 2 \text{ atm} = 0,6 \text{ atm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c. } P_C &= \frac{\text{mol C}}{\text{mol total gas}} \times P_{\text{total}} \\ &= \frac{0,25}{0,5} \times 2 \text{ atm} = 1 \text{ atm} \end{aligned}$$

$$K_P = \frac{(P_C)}{(P_A)(P_B)} = \frac{1}{0,4 \times 0,6} = \frac{1}{0,24} = 4,17 \text{ atm}$$

Hubungan K_C dan K_P

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

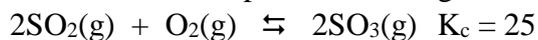
$R = 0,082 \text{ L atm / mol.K}$

$T = \text{suhu (K)}$

$\Delta n = \text{koefisien reaksi (kanan – kiri)}$

Contoh:

Pada suhu 500 K terdapat kesetimbangan:



Jika $R = 0,082$, tentukanlah berapa K_p ?

Penyelesaian

$$\begin{aligned} K_p &= K_c (RT)^{\Delta n} \\ &= 25 (0,082 \times 500)^{-1} \\ &= \frac{25}{41} = 0,609 \end{aligned}$$

4. Kesetimbangan Disosiasi

Kesetimbangan Disosiasi adalah reaksi kesetimbangan pada reaksi penguraian gas. Reaksi penguraian gas adalah reversible

Derajat disosiasi (α) yaitu perbandingan antara jumlah mol gas yang terdisosiasi dengan jumlah mol gas mula-mula.

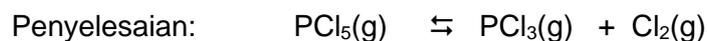
$$\alpha = \frac{\text{jumlah mol gas yang terdisosiasi}}{\text{jumlah mol gas mula - mula}}$$

Contoh :

Pada suhu tertentu dalam ruang 1 L terdapat penguraian 0,25 mol PCl_5 sebagai berikut :



Pada saat setimbang terdapat gas Cl_2 sebanyak 0,15 mol. Tentukan derajat disosiasi dan tetapan kesetimbangannya.



Mula-mula : **0,25 mol**

Terurai/disosiasi: **0,15 mol** 0,15 mol 0,15 mol

Setimbang : 0,10 mol 0,15 mol **0,15 mol**

Konsentrasi : 0,10 M 0,15 M 0,15 M

a. $\alpha = \frac{0,15}{0,25} = 0,6$

b. $K_c = \frac{[\text{PCl}_3][\text{Cl}_2]}{[\text{PCl}_5]} = \frac{0,15 \times 0,15}{0,10} = 0,225$

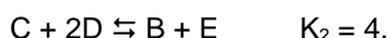
Latihan 4.2

1. Dalam ruang 1 L dimasukkan 0,2 mol gas HI, lalu terurai menurut reaksi :

$$2 \text{HI(g)} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{(g)} + \text{I}_2\text{(g)}$$

Jika gas HI yang terurai 25%, hitung K_C

2. Tetapan kesetimbangan dari : $\text{N}_2\text{O}_4\text{(g)} \rightleftharpoons 2 \text{NO}_2\text{(g)}$ adalah $\frac{1}{150}$. Ke dalam ruangan 200 L dimasukkan 10 mol gas N_2O_4 . tentukan derajat disosiasi N_2O_4 tersebut!
3. Gas NO_2 terurai menurut reaksi $2 \text{NO}_2\text{(g)} \rightleftharpoons 2 \text{NO(g)} + \text{O}_2\text{(g)}$. Pada saat kesetimbangan perbandingan tekanan parsial NO dan NO_2 adalah 2 : 1. Tentukan derajat disosiasi dari NO_2 tersebut!
4. Ke dalam sebuah tabung dimasukkan 2 mol gas N_2 dan 4 mol gas H_2 yang bereaksi dengan reaksi kesetimbangan : $\text{N}_2\text{(g)} + 3\text{H}_2\text{(g)} \rightleftharpoons 2 \text{NH}_3\text{(g)}$. Pada saat setimbang ditemukan gas NH_3 sebanyak 2 mol. Jika tekanan total sistem adalah 10 atm pada 200°C , tentukan harga tetapan kesetimbangan gas (K_P).
5. Diketahui reaksi kesetimbangan berikut :



Hitung harga K_3 untuk reaksi : $2\text{E} \rightleftharpoons 4\text{A} + 4\text{D}$

Tes Formatif II

1. Dalam suatu ruang 2 L pada suhu 127°C terdapat keadaan setimbang 4 mol gas A, 2 mol gas B_2 , dan 1 mol gas AB menurut persamaan reaksi : $2\text{A(g)} + \text{B}_2\text{(g)} \rightleftharpoons 2\text{AB(g)}$. Tentukan nilai tetapan kesetimbangan K_C dan K_P pada suhu 127°C
2. Sebanyak 4 mol gas HI dipanaskan dalam ruang 5 L pada suhu 458°C sehingga terurai dan membentuk kesetimbangan : $2\text{HI(g)} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{(g)} + \text{I}_2\text{(g)}$. Jika pada keadaan setimbang terdapat 0,5 mol I_2 , tentukan harga tetapan kesetimbangan K_C dan K_P reaksi itu pada suhu 458°C
3. Suatu reaksi $\text{A(g)} + 2\text{B(g)} \rightleftharpoons 2\text{C(g)}$ mencapai kesetimbangan dengan tekanan total 2 atm. Jika pada kesetimbangan, mol A : mol B : mol C = 2 : 1 : 2, berapakah harga K_P
4. Tetapan kesetimbangan reaksi : $2\text{NO(g)} + \text{O}_2\text{(g)} \rightleftharpoons 2\text{NO}_2\text{(g)}$ mempunyai $K_C = \frac{20}{9}$ pada suhu tertentu. Berapa mol gas O_2 yang harus dicampurkan dengan 5 mol gas NO dalam volum 5 L agar terbentuk 2 mol gas NO pada keadaan setimbang.
5. Pada reaksi : $2 \text{HCl(g)} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{(g)} + \text{Cl}_2\text{(g)}$, jika dimasukkan 0,6 mol HCl ternyata harga tetapan kesetimbangan $K_C = 1$, volume 1 L, hitung derajat disosiasi HCl.

10. Kegiatan Belajar 10 – Pergeseran Kesetimbangan**a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran**

Melalui metode *discovery learning*, peserta didik dapat menggali informasi tentang faktor-faktor yang mempengaruhi pergeseran arah kesetimbangan dari berbagai sumber belajar (memiliki sikap ingin tahu), aktif dan bekerjasama (**collaboration, gotong royong**) dalam mengolah informasi, kreatif dan inovatif (**creativities, kemandirian**) dalam melakukan percobaan faktor-faktor yang mempengaruhi pergeseran arah kesetimbangan (**problem solving**), teliti dalam melakukan pengamatan, menganalisis data hasil percobaan dengan jujur dan bertanggung jawab (**integritas**), serta menyampaikan pendapat (**communication**), menjawab pertanyaan, memberi saran dan kritik (**critical thinking**)

Uraian Materi**I. FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI KESETIMBANGAN**

Secara mikroskopis sistem kesetimbangan umumnya peka terhadap gangguan dari lingkungan (dari luar). 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 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. Pergeseran kesetimbangan dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor antara lain temperatur, konsentrasi, tekanan dan volume, penambahan katalis.

A. 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 akan menambah komponen itu. Oleh karena itu, pengaruh konsentrasi terhadap kesetimbangan berlangsung sebagai berikut.

Perhatikan reaksi pembentukan gas amonia berikut :



Aksi yang diberikan	Arah pergeseran
N ₂ ditambah	Ke kanan (produk bertambah)
N ₂ dikurangi	Ke kiri (produk berubah menjadi reaktan)
H ₂ ditambah	Ke kanan (produk bertambah)
H ₂ dikurangi	Ke kiri (produk berubah menjadi reaktan)
NH ₃ ditambah	Ke kiri (produk berubah menjadi reaktan)
NH ₃ dikurangi	Ke kanan (produk bertambah)

Jadi pengaruh konsentrasi yaitu:

Jika konsentrasi zat diperbesar maka kesetimbangan akan bergeser dari arah zat tersebut, Jika konsentrasi zat diperkecil maka kesetimbangan akan bergeser ke arah zat tersebut.

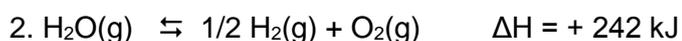
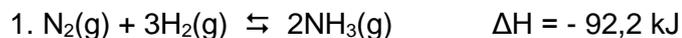
B. Suhu / temperatur

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.

Secara kualitatif pengaruh suhu dalam kesetimbangan kimia terkait langsung dengan jenis reaksi eksoterm atau reaksi endoterm. Reaksi eksotermis adalah reaksi bersifat spontan, tidak memerlukan energi melainkan justru menghasilkan energi (ΔH reaksi negatif), sedangkan Reaksi endotermis adalah reaksi yang membutuhkan energi/kalor untuk bisa bereaksi (ΔH positif). Sistem kesetimbangan yang bersifat eksotermis ke arah kanan dan endotermis ke arah kiri.

Jadi pengaruh suhu yaitu:

Jika suhu dinaikkan, maka reaksi akan bergeser ke kiri yaitu reaksi yang bersifat endoterm. Sebaliknya bila suhu reaksi diturunkan maka reaksi akan bergeser ke kanan yaitu reaksi yang bersifat eksoterm.

Menaikkan suhu, sama artinya kita meningkatkan kalor atau menambah energi ke dalam sistem, kondisi ini memaksa kalor yang diterima sistem akan dipergunakan, oleh sebab itu reaksi semakin bergerak menuju arah reaksi endoterm. Begitu juga sebaliknya.

C. Tekanan dan Volume

Pada proses Haber Reaksi terjadi dalam ruangan tertutup dan semua spesi adalah gas. Sehingga Perubahan tekanan dan volume hanya berpengaruh pada sistem kesetimbangan antara fasa gas dengan gas. Sedang sistem kesetimbangan yang melibatkan fasa cair atau padat, perubahan tekanan dan volume dianggap tidak ada.

Menurut hukum gas ideal, bahwa tekanan berbanding lurus dengan jumlah mol gas dan berbanding terbalik dengan volume. Jika tekanan diperbesar maka jumlah mol juga bertambah, dan volume akan mengecil maka kesetimbangan akan bergeser ke arah reaksi yang jumlah molnya lebih kecil. Begitu juga sebaliknya jika tekanan diperkecil maka jumlah mol juga akan kecil, dan volume akan besar maka kesetimbangan akan bergeser ke arah reaksi yang jumlah molnya lebih besar. Perhatikan reaksi berikut :



- Jika tekanan diperbesar (volume mengecil), maka kesetimbangan akan bergeser ke arah kanan, sebab jumlah molnya lebih kecil yaitu 2 mol.
- Jika tekanan dikurangi (volume bertambah), maka kesetimbangan akan bergeser ke kiri, karena jumlah molnya lebih besar yaitu 4 mol

Dengan demikian, dengan **meningkatkan tekanan** akan (**mengurangi volume ruangan**) pada campuran yang setimbang menyebabkan reaksinya bergeser **ke sisi yang mengandung jumlah molekul gas yang paling sedikit**.

Sebaliknya, **menurunkan tekanan (memperbesar volume ruangan)** pada campuran yang setimbang menyebabkan reaksinya bergeser **ke sisi yang mengandung jumlah molekul gas yang paling banyak**. Sementara untuk reaksi yang tidak mengalami perubahan jumlah molekul gas (**mol reaktan = mol produk**), **faktor tekanan dan volume tidak mempengaruhi kesetimbangan kimia**.

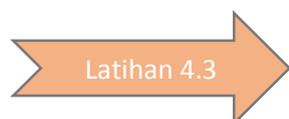
Jadi hubungan antara pengaruh tekanan dan volume dengan koefisien reaksi dapat dijelaskan sebagai berikut:

Jika tekanan ditingkatkan atau volume dikurangi, reaksi kesetimbangan bergeser ke arah zat yang memiliki jumlah koefisien yang lebih kecil.

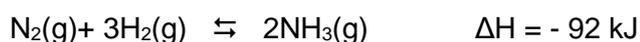
Jika tekanan diturunkan atau volume diperbesar, reaksi kesetimbangan bergeser ke arah zat yang memiliki jumlah koefisien yang lebih besar.

A. Katalis

Katalis tidak menyebabkan pergeseran kesetimbangan, melainkan hanya mempercepat tercapainya kesetimbangan. Hal itu karena katalis mempercepat laju reaksi baik ke kanan maupun ke kiri dengan pengaruh yang sama.



- Perhatikan persamaan reaksi berikut.



Tentukan arah pergeseran jika:

- Tekanan diperbesar
- Suhu diturunkan
- Konsentrasi NH_3 ditambah

- Untuk reaksi kesetimbangan : $2 \text{NO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \quad \Delta H = -58,02 \text{ kJ}$

Warna gas : coklat tak berwarna

Jika suhu dinaikkan tentukan:

- Arah pergeseran kesetimbangan
- Warna gas
- Perubahan harga K

II. Keseimbangan Kimia Dalam Industri

Proses industri umumnya akan mengikuti hukum ekonomi, yaitu dengan biaya produksi yang sekecil-kecilnya untuk memperoleh keuntungan sebanyak-banyaknya. Prinsip ini, di dalam industri yang menghasilkan barang tentunya yang diinginkan adalah dapat menghasilkan produk yang maksimum dengan biaya yang minimum. Oleh karena itu, faktor-faktor yang menghambat atau memperlambat suatu proses di industri diusahakan seminimal mungkin.

Sebagian besar proses industri melibatkan reaksi kesetimbangan. Reaksi-reaksi yang berkesetimbangan merupakan masalah bagi industri, mengapa? Industri memerlukan produk yang efektif dan efisien dengan biaya semurah-murahnya. Dalam reaksi kesetimbangan, produk yang dihasilkan tidak efektif karena dapat membentuk kembali pereaksi. Untuk menghasilkan produksi yang maksimal diperlukan pengetahuan untuk menggeser posisi kesetimbangan ke arah produk menggunakan asas Le Chatelier. Oleh karena itu dalam industri kimia, para kimiawan akan memikirkan bagaimana agar dapat diperoleh hasil reaksi yang sebanyak mungkin dalam waktu singkat dan bahan baku sesedikit mungkin.

Untuk mendapatkan produk yang maksimum, maka kesetimbangan harus digeser ke arah pembentukan produk reaksi. Hal ini dapat dilakukan dengan mengontrol faktor-faktor yang dapat mempengaruhi kesetimbangan, yaitu perubahan konsentrasi, perubahan volume, perubahan tekanan, dan perubahan suhu.

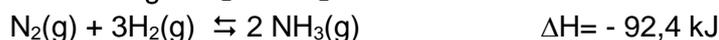
Untuk mendapatkan biaya produksi yang minimum, ada berbagai faktor yang harus diperhatikan antara lain waktu produksi harus sesingkat mungkin. Hal ini dapat dilakukan antara lain dengan menaikkan laju reaksi dengan cara mengontrol faktor-faktor yang dapat mempercepat laju reaksi yaitu, konsentrasi pereaksi, luas permukaan sentuh, suhu, dan katalis.

Akan tetapi, kondisi proses yang diinginkan dibatasi oleh berbagai faktor, seperti keselamatan, peralatan, dan teknologi yang tersedia. Faktor-faktor ini pada akhirnya akan menentukan kondisi proses optimum di industri.

Proses produksi amonia (NH_3), asam sulfat (H_2SO_4), dan asam nitrat (HNO_3) melibatkan proses kesetimbangan, yang merupakan tahap paling menentukan untuk kecepatan produksi.

a. Pembuatan Amonia (NH_3) Menggunakan Proses Haber-Bosch

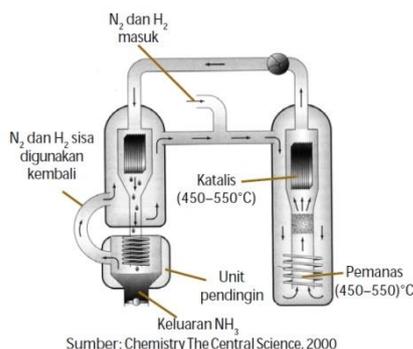
Amonia merupakan bahan dasar untuk pembuatan pupuk, sebagai pelarut, pembersih, dan banyak lagi produk sintetik yang menggunakan bahan dasar amonia. Produksi amonia di Indonesia dilakukan pada pabrik petrokimia di Gresik dan Kujang. Amonia disintesis dari gas N_2 dan H_2 .



Akan tetapi NH_3 yang dihasilkan sangat sedikit. Baru pada tahun 1908, ahli kimia Fritz Haber mempelajari reaksi tersebut dan memikirkan bagaimana untuk mendapatkan produk (NH_3) dalam jumlah yang besar.

Dengan menerapkan asas Le Chatelier, ia memahami bahwa reaksi pembentukan NH_3 bersifat eksoterm sehingga untuk mengoptimalkan produksi amonia, suhu reaksi harus rendah (karena suhu reaksi yang tinggi akan menggeser kesetimbangan ke arah reaksi endoterm (penguraian amonia)). Namun demikian, laju reaksi pada suhu rendah terlalu lambat (hampir tidak bereaksi) sehingga produksi menjadi tidak ekonomis. Hasil penyelidikan menunjukkan bahwa suhu optimum pembentukan amonia sekitar 450–500°C.

Selain optimasi suhu, tekanan juga perlu dioptimasi, karena sintesis amonia melibatkan fasa gas dan rasio stoikiometri antara pereaksi dan hasil reaksi tidak sama. Koefisien reaksi pembentukan amonia lebih kecil dari koefisien pereaksi sehingga tekanan harus tinggi. Di tahun 1913, insinyur kimia Carl Bosch berhasil merancang bejana baja dengan dinding dua lapis yang dapat beroperasi secara aman sampai tekanan 300 atm. Dalam praktiknya, tekanan yang diterapkan sekitar 250 atm. Sejalan dengan perkembangan teknologi, penggunaan tekanan yang lebih tinggi ~800-1000 atm telah dimungkinkan dengan penemuan baja yang lebih kuat.



Gambar 1. Proses Pembuatan Amonia

Meski suhu dan tekanan optimum telah diperoleh, namun Bosch melihat bahwa produksi NH_3 masih terlalu rendah. Jadi diperlukan suatu katalis. Katalis tersebut adalah serbuk besi (Fe) dengan campuran promotor (bahan yang lebih mengaktifkan kerja katalis) alumunium oksida, kalium hidroksida, dan garam lainnya. Selain itu, pengambilan produk NH_3 secara terus menerus akan semakin menggeser kesetimbangan ke arah produk.

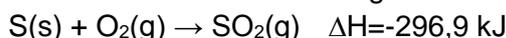
b. Pembuatan Asam Sulfat (H_2SO_4) Menggunakan Proses Kontak

Asam sulfat merupakan salah satu bahan baku untuk membuat pupuk, pigmen dan cat, pembuatan besi dan baja, pembuatan *pulp* dan kertas, pengisi sel *accumulator*, pelarut, pengatur pH di dalam proses industri, pendehidrasi, serta pembuatan produk-produk kimia lainnya, seperti amonium sulfat dan kalsium hidrofosfat. Proses pembuatan asam sulfat sebenarnya ada dua cara, yaitu dengan proses kamar timbal dan proses kontak. Proses kamar timbal sudah ditinggalkan karena kurang menguntungkan, hanya tinggal satu pabrik di Amerika Serikat yang masih beroperasi dan itupun dianggap sebagai museum industri. Di Indonesia, pabrik asam sulfat antara lain terdapat di Petrokimia Gresik, Pusri Palembang, dan Kujang Jawa Barat.

Pembuatan asam sulfat di industri dikembangkan melalui proses kontak melalui tiga tahap, yaitu:

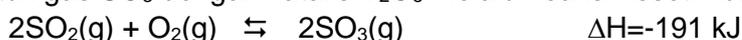
1. Pembentukan belerang dioksida (SO_2)

Belerang yang sudah dilelehkan direaksikan dengan O_2 membentuk gas SO_2 .



2. Pembentukan belerang trioksida (SO_3)

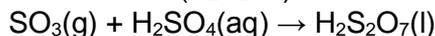
Gas SO_2 direaksikan dengan O_2 pada suhu $\sim 450^\circ\text{C}$ dan tekanan 2-3 atm membentuk gas SO_3 dengan katalis V_2O_5 melalui reaksi kesetimbangan berikut:



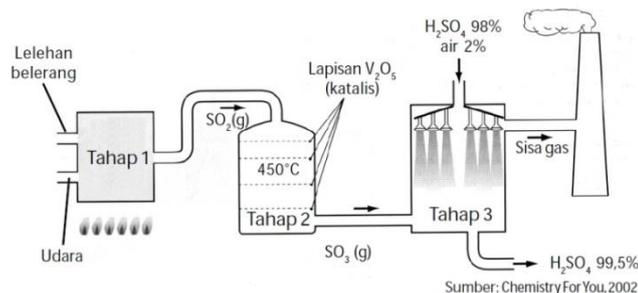
Di Petrokimia Gresik, gas SO_2 diperoleh dari sisa pengolahan tembaga atas kerjasama dengan PT. Freeport Indonesia Papua.

3. Pembentukan asam sulfat (H_2SO_4) melalui zat antara

Pada tahap ini, SO_3 tidak langsung direaksikan dengan H_2O untuk membentuk H_2SO_4 , tetapi dilarutkan ke dalam campuran 98% H_2SO_4 dan 2% H_2O membentuk asam piro-sulfat/oleum ($\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_7$)



Oleum kemudian diencerkan dengan air untuk membentuk H_2SO_4



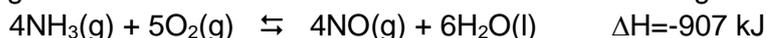
Gambar 2. Proses Pembuatan Asam Sulfat

c. Pembuatan Asam Nitrat (HNO_3) Menggunakan Proses Ostwald

Asam nitrat banyak digunakan dalam pembuatan pupuk, nitrasi senyawa organik untuk bahan eksplosif, plastik, celupan, dan pernis, juga sebagai bahan oksidator dan pelarut. Di industri, pembuatan asam nitrat menggunakan proses Ostwald, yaitu pembuatan asam nitrat dari bahan mentah amonia dan udara. Proses pembuatan asam nitrat melalui tiga tahapan, yaitu:

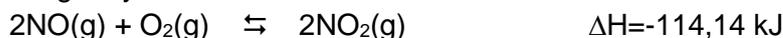
1. Pembentukan NO

NH_3 bereaksi dengan O_2 pada suhu $850\text{-}900^\circ\text{C}$ dan tekanan 5 atm membentuk NO dengan bantuan katalis Pt-Rh melalui reaksi kesetimbangan berikut:



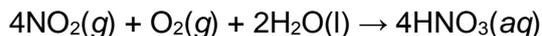
2. Pembentukan NO_2

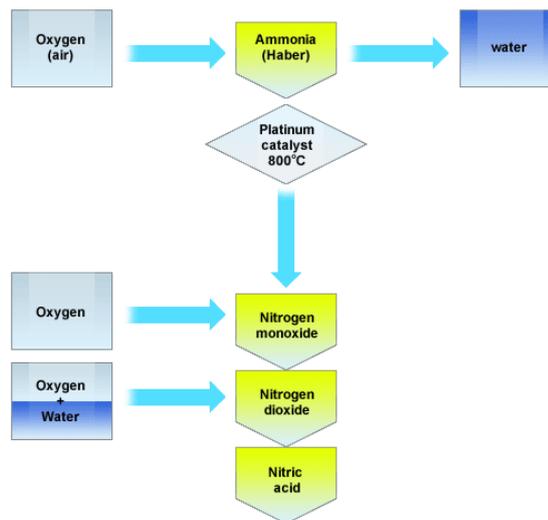
Gas NO dari tahap satu didinginkan sampai suhu $25\text{-}40^\circ\text{C}$ sebelum direaksikan dengan O_2 pada tekanan 7-12 atm membentuk gas NO_2 . Reaksi kesetimbangannya sbb:



3. Pembentukan HNO_3

Gas NO_2 dari tahap dua bersama-sama dengan udara berlebih dilarutkan dalam air panas 80°C membentuk asam nitrat. Persamaannya:





Gambar 3. Proses Pembuatan Asam Nitrat

Tes Formatif III

1. Tentukan arah pergeseran kesetimbangan dari reaksi berikut :



- a. Jika $[\text{NO}_2]$ ditambah
 - b. Jika $[\text{NO}]$ ditambah
 - c. Jika tekanan sistem diturunkan.
 - d. Jika suhu diturunkan
2. Tentukan arah pergeseran kesetimbangan reaksi : $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g})$ jika konsentrasi H_2 diperbesar.
 3. Tentukan arah pergeseran kesetimbangan reaksi:
 $3\text{Fe}(\text{s}) + 4\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{Fe}_3\text{O}_4(\text{s}) + 4\text{H}_2(\text{g})$ jika tekanan diperkecil.
 4. Tentukan arah pergeseran kesetimbangan reaksi :
 $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{g}) \quad \Delta H = - 98 \text{ kJ}$ jika suhu dinaikkan

Lampiran:

Jawaban Tes Formatif I

Penyelesaian:

1.
 - a. Kesetimbangan bersifat homogen.

$$K_c = \frac{[\text{CH}_4][\text{H}_2\text{O}]}{[\text{CO}][\text{H}_2]^3}$$

b. Kestimbangan bersifat homogen.

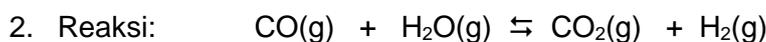
$$K_c = \frac{[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+]}{[\text{Ag}^+][\text{NH}_3]^2}$$

c. Kestimbangan bersifat heterogen. H_2O adalah zat cair murni dan BiOCl adalah zat padat murni sehingga keduanya tidak muncul dalam persamaan tetapan kestimbangan K_c .

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

d. Kestimbangan bersifat heterogen. $\text{Mg}(\text{OH})_2$ dan MgO adalah zat padat murni sehingga keduanya tidak muncul dalam persamaan tetapan kestimbangan K_c .

$$K_c = [\text{H}_2\text{O}]$$



Mula-mula: 1 mol 2 mol

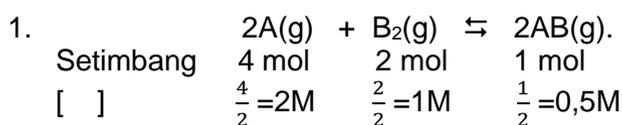
Reaksi: 0,5 mol 0,5 mol 0,5 mol 0,5 mol

Setimbang: 0,5 mol 1,5 mol 0,5 mol 0,5 mol

[konsentrasi] $\frac{0,5}{2}$ M $\frac{1,5}{2}$ M $\frac{0,5}{2}$ M $\frac{0,5}{2}$ M

$$\begin{aligned} K_c &= \frac{[\text{CO}_2][\text{H}_2]}{[\text{CO}][\text{H}_2\text{O}]} \\ &= \frac{0,25][0,25]}{[0,25][0,75]} \\ &= \frac{1}{3} \end{aligned}$$

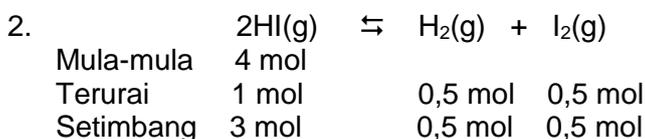
Jawaban Tes Formatif II



$$\begin{aligned} K_c &= \frac{[\text{AB}]^2}{[\text{A}]^2 [\text{B}_2]} \\ &= \frac{[0,5]^2}{[2]^2 [1]} \\ &= \frac{0,25}{4} = \frac{1}{16} = 0,0625 \end{aligned}$$

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

$$= 0,0625 (0,082 \times 400)^{-1} = \frac{0,0625}{32,8} = 0,0019$$

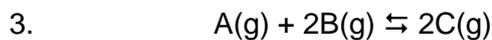


$$K_C = \frac{[H_2][I_2]}{[HI]^2}$$

$$= \frac{0,5 \cdot 0,5}{[3]^2} = 0,027$$

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

$$0,027 (0,082 \cdot 731)^0 = 1$$



Jumlah mol A + B + C = 5 mol

$$P_A = \frac{2}{5} \times 2 \text{ atm} = 0,8 \text{ atm}$$

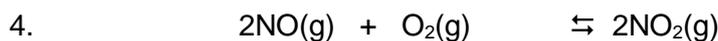
$$P_B = \frac{1}{5} \times 2 \text{ atm} = 0,4 \text{ atm}$$

$$P_C = \frac{2}{5} \times 2 \text{ atm} = 0,8 \text{ atm}$$

$$K_P = \frac{P_C^2}{P_A \cdot P_B^2}$$

$$= \frac{(0,8)^2}{0,8 \cdot (0,4)^2}$$

$$= \frac{0,8}{0,16} = 5$$



Mula-mula	5 mol	a mol	
Reaksi	3 mol	$\frac{1}{2} \cdot 3 = 1,5 \text{ mol}$	3 mol
Setimbang	2 mol	(a-1,5 mol)	3 mol
[] M	$\frac{2}{5} = 0,4 \text{ M}$	$\frac{(a-1,5)}{5} \text{ M}$	$\frac{3}{5} = 0,6 \text{ M}$

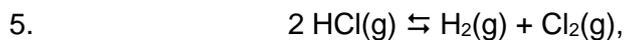
$$K_C = \frac{[NO_2]^2}{[NO]^2[O_2]}$$

$$\frac{20}{9} = \frac{[0,6]^2}{[0,4]^2[0,2 a - 0,3]}$$

$$1 = \frac{9 \cdot 0,36 \cdot 3,2}{0,2 a x - 0,3}$$

$$0,2 a - 0,3 = 20,25$$

$$a = 102,75$$



Mula-mula	0,6 mol		
Terdisosiasi	a	0,5 a	0,5 a
Setimbang	0,6 - a	0,5 a	0,5 a
[M]	0,6 - a	0,5 a	0,5 a

$$K_C = \frac{[H_2][Cl_2]}{[HCl]^2}$$

$$1 = \frac{[0,5 a][0,5 a]}{[0,6 - a]^2}$$

$$\sqrt{1} = \sqrt{\frac{[0,5 a]^2}{[0,6 - a]^2}}$$

$$1 = \frac{[0,5 a]}{[0,6 - a]}$$

$$0,5 a = 0,6 - a$$

$$1,5 a = 0,6 \quad a = 0,4$$

$$\alpha = \frac{\text{jumlah mol gas yang terdisosiasi}}{\text{jumlah mol gas mula - mula}}$$
$$= \frac{a}{0,6} = \frac{0,4}{0,6} = 0,67$$

Jawaban Tes Formatif III

1. Arah pergeseran kesetimbangan
 - a. Kanan
 - b. Kiri
 - c. Kanan
 - d. kiri
2. Kesetimbangan bergeser ke kanan karena yang diperbesar konsentrasi pereaksi maka akan bergeser dari arah pereaksi.
3. Kesetimbangan tidak bergeser karena jumlah koefisien gas pada kedua ruas sama (=4).
4. Kesetimbangan bergeser ke kiri karena jika suhu dinaikkan akan bergeser ke arah reaksi endoterm

DAFTAR PUSTAKA

- Chang, Raymond. 2002. *Chemistry*. Edisi Ketujuh. New York: McGraw-Hill.
- Devi, Poppy K, dkk. 2009. *Kimia 1: Kelas X SMA /MA*. Jakarta: Pusat Perbukuan.
- Johari, M. C. 2006. *Buku Kerja dengan Pendekatan Belajar Aktif Kimia untuk SMA Kelas XI Semester I*. Jakarta: Erlangga.
- Liawati, Emi. 2016. Modulku Kimia. Surakarta: Mediatama
<http://risiki-andho-firdian.blogspot.com/2012/10/alkena.html>
<https://www.google.com/url?sa=i&url=http%3A%2F%2Fdatachem.blogspot.com%2F>
<https://jempolkimia.com/2018/12/06/faktor-yang-mempengaruhi-laju-reaksi/>
<https://www.quipper.com/id/blog/mapel/kimia/kelajuan-reaksi-kimia-kelas-11/>
- Parlan dan Wahjudi. 2003. *Common Textbook Kimia Organik 1*. UM Press: Malang.
- Partana, C. F., Wiyarsi A. 2009. *Mari Belajar Kimia 2: Untuk SMA XI IPA*. Jakarta: Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional.
- Permana, Irvan. 2009. *Memahami Kimia SMA/MA untuk kelas X*. Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional
- Purba, Michael. 2006. *Kimia untuk SMA Kelas X*. Jakarta: Erlangga.
- Rahardjo, Sentot Budi. 2014. *Kimia Berbasis Eksperimen*. Solo: Platinum.
- Ralp J.Fessenden dan Joan S. Fessenden.1997. *Kimia Organik Edisi Ketiga*. Erlangga: Jakarta.
- Raymond Chang. 2005. *Kimia Dasar Edisi Ketiga Jilid 1*. Erlangga: Jakarta.
- Retnowati, Priscilla. *Seribu Pena Kimia untuk SMA/MA Kelas X*. 2008. Erlangga: Jakarta.
- Sudarmo, Unggul. 2006. *KIMIA untuk SMA/MA Kelas X*. Surakarta: Erlangga.
- Sukardjo. 2009. *Kimia SMA/MA Kelas XI*. Jakarta : PT. Bumi Aksara.
- Sukarna, I Made. 2003. *Common Text Book: Kimia Dasar 2*. Yogyakarta: UNY.
- Sutresna, N. 2014. *Kimia*. Bandung: Grafindo.
- Tim Kreatif Kimia. 2009. *KIMIA SMA/MA kelas XI*. Jakarta : PT Bumi Aksara.
- Utami, Budi et al. 2009. *Kimia 1: Untuk SMA/MA Kelas X*. Jakarta: Pusat perbukuan Departemen Pendidikan Nasional.
- Wathoni, Haris. 2013. *Kimia untuk SMA/MA Peminatan Kurikulum 2013*. Bandung: Yrama Widya.