





121161623
KINETIKA DAN KATALISIS
by: siti diyar kholisoh

SEMESTER GASAL TAHUN AKADEMIK 2011/2012
PRODI TEKNIK KIMIA FTI UPN "VETERAN" YOGYAKARTA
Rabu, 14 September 2011

Deskripsi Mata Kuliah


Kinetika dan Katalisis merupakan mata kuliah wajib (**mata kuliah keahlian**) di dalam Kurikulum Jurusan Teknik Kimia yang mempelajari tentang **kinetika reaksi kimia dan katalisis, beserta aspek-aspek yang terkait dengannya**. Mata kuliah ini termasuk dalam kelompok mata kuliah **chemical reaction engineering**, yang merupakan kajian/ telaah jantungnya industri proses kimia. Mata kuliah ini memberikan bekal yang signifikan dalam penyusunan tugas akhir mahasiswa.

Kompetensi Mata Kuliah

Setelah mengikuti mata kuliah ini (pada akhir semester), mahasiswa mampu memahami dasar-dasar kinetika reaksi kimia dan katalisis, serta menyusun dan menentukan persamaan kecepatan atau kinetika reaksi-reaksi homogen dan heterogen, katalitik dan non-katalitik, dalam sistem partaian dan sinambung, berdasarkan data hasil percobaan, mekanisme reaksi, dan pendekatan persamaan empirik (teori).

Mata Kuliah Prasyarat:
Kimia Fisika, Termodinamika

Pustaka atau Referensi



- Levenspiel, O, 1999, "*Chemical Reaction Engineering*", 3rd ed, New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Missen, R. W., C. A. Mims, and B. A. Saville, 1999, "*Introduction to Chemical Reaction Engineering and Kinetics*", New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Hill, Charles G., 1977, "*An Introduction to Chemical Engineering Kinetics and Reactor Design*", New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Fogler, H. S., 1992, "*Elements of Chemical Reaction Engineering*", 2nd edition, New Jersey: Prentice-Hall, Inc.
- Smith, J. M., 1981, "*Chemical Engineering Kinetics*", 3rd ed., New York: McGraw-Hill, Inc.
- Walas, S.M., 1959, "*Reaction Kinetics for Chemical Engineers*", Kogakusha: McGraw-Hill, Inc.

Weekly Class Schedule

Rabu, 10:10 – 12:40 WIB
Ruang TK III-1

Kalender Akademik Semester Gasal 2011-2012

SEPTEMBER 2011							OCTOBER 2011							NOVEMBER 2011						
S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S
				1	2	3	2	3	4	5	6	7	1/8		1	2	3	4	5	
4	5	6	7	8	9	10	9	10	11	12	13	14	15	6	7	8	9	10	11	12
11	12	13	14	15	16	17	16	17	18	19	20	21	22	13	14	15	16	17	18	19
18	19	20	21	22	23	24	23	24	25	26	27	28	29	20	21	22	23	24	25	26
25	26	27	28	29	30		30	31						27	28	29	30			
DECEMBER 2011							JANUARY 2012							KETERANGAN:						
S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	Hijau:	Periode UTS					
				1	2	3	1	2	3	4	5	6	7	Merah: <th colspan="6">Periode UAS</th>	Periode UAS					
4	5	6	7	8	9	10	8	9	10	11	12	13	14							
11	12	13	14	15	16	17	15	16	17	18	19	20	21							
18	19	20	21	22	23	24	22	23	24	25	26	27	28							
25	26	27	28	29	30	31	29	30	31											

Materi Kuliah (1)

No.	Materi Kuliah	Pertemuan
1	Pendahuluan + Review termodinamika reaksi kimia	Pertemuan 1, 2, dan 3
2	Dasar-dasar Kinetika Reaksi <ul style="list-style-type: none"> Penggolongan/klasifikasi reaksi kimia Definisi kecepatan/laju reaksi Konsep² stoikiometri [reaksi tunggal vs reaksi <i>multiple</i>/kompleks, sistem <i>constant-density</i> vs <i>variable-density</i>, konversi reaksi – koordinat/tingkat reaksi (<i>molar extent of reaction</i>) – <i>yield</i> – selektivitas] Faktor² yang mempengaruhi kecepatan reaksi (suhu, konsentrasi, tekanan parsial, dsb). Korelasi Arrhenius, energi aktivasi reaksi Kemolekulan, orde/tingkat reaksi, konstanta kecepatan reaksi 	

Materi Kuliah (2)

No.	Materi Kuliah	Pertemuan
3	Interpretasi Molekuler Kinetika Reaksi Kimia <ul style="list-style-type: none"> Reaksi elementer vs reaksi nonelementer Mekanisme reaksi Menjabarkan persamaan kecepatan reaksi dari mekanismenya 	Pertemuan 4 dan 5
4	Teori Kinetika Reaksi Kimia (untuk memprediksi persamaan kecepatan reaksi berdasarkan teori/empirik) <ul style="list-style-type: none"> Teori tumbukan Teori kompleks aktif (keadaan transisi) Perbandingan dengan teori/korelasi Arrhenius 	

Materi Kuliah (3)

No.	Materi Kuliah	Pertemuan
5	Kinetika Reaksi Homogen: Sistem Batch <ul style="list-style-type: none"> Pengantar reaksi dalam sistem <i>batch</i> Kinetika reaksi homogen dalam sistem <i>constant-density</i> [reaksi² sederhana dan <i>irreversible</i> (orde 1, orde 2, orde 0, orde n, <i>fractional life</i>, orde semu) vs reaksi² kompleks (<i>reversible</i>, paralel, seri)] Kinetika reaksi homogen dalam sistem <i>variable-density</i>. 	Pertemuan 6 dan 7

UJIAN TENGAH SEMESTER (UTS)

Materi Kuliah (4)

No.	Materi Kuliah	Pertemuan
6	Analisis dan Interpretasi Data Percobaan Kinetika Reaksi: Sistem Batch <ul style="list-style-type: none"> Pengantar tentang percobaan kinetika reaksi kimia dan data yang diperoleh Metode integral & diferensial Metode² lain: <i>fractional life</i>, <i>initial rate</i>, <i>isolation</i> 	Pertemuan 8 dan 9
7	Kinetika Reaksi Homogen: Sistem Alir/Kontinyu <ul style="list-style-type: none"> Pengantar sistem alir/kontinyu dan perbandingannya dengan sistem <i>batch</i> Kinetika dalam reaktor alir tangki berpengaduk ideal (RATB) Kinetika dalam reaktor alir pipa ideal (RAP) 	Pertemuan 10 dan 11

Materi Kuliah (5)

No.	Materi Kuliah	Pertemuan
8	Pengantar Sistem Reaksi Heterogen	Pertemuan 12
9	Dasar-dasar Katalis dan Katalisis	
10	Kinetika Reaksi Berkatalis Padat <ul style="list-style-type: none"> Gambaran umum reaksi berkatalis padat Menjabarkan persamaan <i>surface kinetics</i> (+ isotherm adsorpsi Langmuir) Analisis dan interpretasi data percobaan kinetika 	Pertemuan 13 dan 14

UJIAN AKHIR SEMESTER (UAS)

Lain-lain:

Setiap mengikuti kuliah, mahasiswa **wajib**:

→ Sudah mempunyai dan membaca/ mempelajari materi yang akan diberikan

→ Membawa kalkulator

HP mohon dimatikan, atau di-silent.

Duduk: Dimulai dari barisan depan.

Komponen Penilaian:

UTS – ± 30-50%

UAS – ± 40-60%

Tugas: PR, Kuis – ± 10-20%

} + **additional point**
(keaktifan)

Tidak ada tugas/ PR susulan

Tidak ada ujian susulan (kecuali pada kondisi yang telah diatur oleh REKTOR UPNVY)

Lain-lain (Lanjutan):

Sifat Ujian: **CLOSED BOOK**

(Kecurangan dalam ujian: nilai NOL...!!!)

Presensi: **minimum ...%** → Syarat mengikuti UAS (ditetapkan oleh UPNVY)

Pelaporan ketidakhadiran ketika ujian → utk mengajukan permohonan menempuh ujian susulan → **hanya** dilayani pada **hari H ujian (jam kerja)** → **maksimum 1 x 24 jam**.

Ketua kelas:?

"Rasa ingin tahu adalah ibu dari semua ilmu pengetahuan"

"Perjalanan seribu mil dimulai dari satu langkah"



Prestasi (atau nilai atau pencapaian) yang akan Anda raih sangat ditentukan oleh usaha sungguh² yang Anda lakukan sendiri... ☺



Siti Diyar Kholisoh

<http://diyarkholisoh.wordpress.com>

diyar.kholisoh@upnyk.ac.id
diyar_khch@yahoo.co.id

+62 818 0265 7571 (via sms only)

PENDAHULUAN

Pertemuan Ke-1

Rabu, 14 September 2011

Kompetensi yang Ingin Dicapai (1):

1. Memahami ruang lingkup dan peran/posisi/kedudukan mata kuliah (MK) Kinetika dan Katalisis dalam pembelajaran ilmu Teknik Kimia, serta kaitan MK ini dengan MK² yang lain.
2. Memahami pentingnya aspek termodinamika reaksi (berupa keberlangsungan reaksi, panas reaksi, kesetimbangan reaksi, dsb) sebelum meninjau kinetikanya.

Kompetensi yang Ingin Dicapai (2):

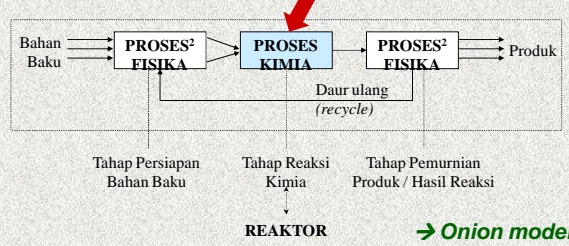
3. Memahami perbedaan antara reaksi reversible dan irreversible dalam telaah termodinamika.
4. Memahami perbedaan antara aspek termodinamika dan aspek kinetika sebuah reaksi.
5. Memahami faktor-faktor yang mempengaruhi kesetimbangan reaksi.

Kompetensi yang Ingin Dicapai (3):

- Mampu menyusun tabel stoikiometri reaksi (yang selalu diusahakan berbasis mol) untuk reaksi tunggal maupun reaksi kompleks, dan beberapa aplikasinya.
- Mampu membedakan berbagai cara menyatakan konstanta kesetimbangan reaksi (K , K_p , K_y , dsb.)
- Mampu melakukan perhitungan² yang terkait dengan kesetimbangan reaksi, dengan memanfaatkan data termodinamika yang ada.

Teknik Kimia: ...?

Industri proses kimia dirancang untuk menghasilkan bahan-bahan (produk) yang diinginkan secara ekonomi, dari sejumlah bahan baku, melalui serangkaian proses-proses pengolahan (fisika dan kimia).



The Onion Model of Process Design

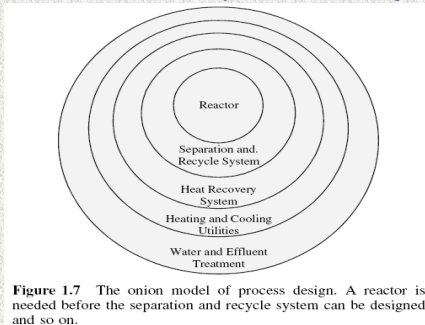
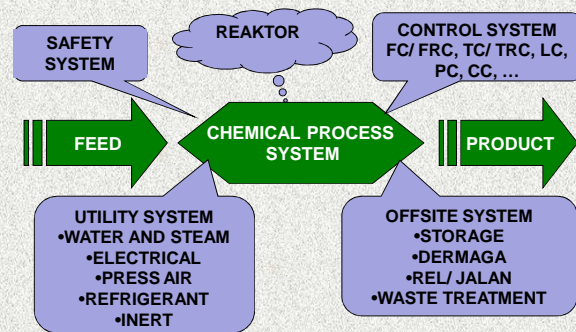


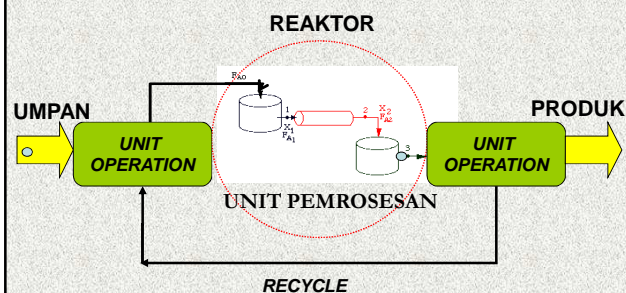
Figure 1.7 The onion model of process design. A reactor is needed before the separation and recycle system can be designed and so on.

Sumber: Smith, R., 2005, "Chemical Process Design"

ILUSTRASI SISTEM PROSES KIMIA



CHEMICAL PROCESS SYSTEM



Target pelaksanaan atau penerapan sebuah reaksi kimia dalam skala komersial:

- Tercapainya **konversi reaktan** yang **setinggi mungkin**.
- Tercapainya **selektivitas** terhadap pembentukan produk yang diinginkan (*desired product*) yang **setinggi mungkin**.
- Berlangsungnya reaksi dengan **laju atau kecepatan** yang **setinggi mungkin**.
Hal ini dapat dicapai, salah satunya, dengan menambahkan katalis atau katalisator.
- Berlangsungnya reaksi dengan **kondisi** yang **"selunak"** mungkin.

Kinetika dan Katalisis:

merupakan salah satu ilmu dasar yang diperlukan oleh seorang sarjana Teknik Kimia untuk melakukan **perancangan reaktor**, di samping ilmu-ilmu dasar yang lain seperti:

- ☑ Termodinamika reaksi kimia
- ☑ Proses-proses perpindahan (massa, panas, momentum)
- ☑ Reaktor
- ☑ Ekonomi teknik

Kinetika:

merupakan ilmu yang mempelajari tentang kecepatan atau laju.

Kinetika (reaksi) kimia:

merupakan ilmu yang mempelajari kecepatan reaksi kimia.

Katalisis: (katalis, katalitis(k))

Cakupan yang ada di dalamnya (kinetika reaksi kimia):

1. **Studi kuantitatif kecepatan reaksi**
(Termasuk di dalamnya tentang teknik-teknik atau cara-cara untuk memperoleh persamaan kecepatan sebuah reaksi kimia)
2. **Faktor-faktor yang berpengaruh** terhadap kecepatan reaksi.
3. **Aspek molekuler** yang terlibat dalam sebuah reaksi kimia
(Termasuk di dalamnya tentang mekanisme dan teori kinetika reaksi)

Sebuah reaksi kimia dapat ditinjau dari 2 (dua) aspek atau sudut pandang: **1. Termodinamika**
2. Kinetika

HUBUNGAN ANTARA TERMODINAMIKA DAN KINETIKA REAKSI KIMIA

Pada dasarnya, secara termodinamika, semua reaksi kimia merupakan reaksi bolak-balik (reversible).

Berdasarkan reversibilitas → Reaksi reversible
→ Reaksi irreversible

Karenanya:

diperlukan telaah kesetimbangan reaksi kimia

Faktor yang mempengaruhi yield kesetimbangan reaksi:

1. Suhu
2. *Excess reactants*
3. Tekanan total sistem
4. Penambahan gas inert
5. Keberadaan katalis

*Silakan
Anda
jabarkan
sendiri!*

**Ingat kembali:
Asas Lee Chatelier**

BEBERAPA PERBANDINGAN ANTARA KINETIKA & TERMODINAMIKA REAKSI KIMIA

Aspek	Kinetika	Termodinamika
Telaah kajian	Kecepatan atau laju reaksi	Kesetimbangan reaksi
Pengaruh waktu	Time-dependent (waktu merupakan variabel yang ditinjau)	Time-independent
Alur atau mekanisme reaksi	Memperhatikan alur reaksi	Tidak memperhatikan alur reaksi (<i>hanya meninjau keadaan awal dan akhir reaksi</i>)
Beberapa besaran yang terkait	k (konstanta kecepatan reaksi), X (konversi reaksi setiap waktu), energi aktivasi reaksi	ΔG° , K (konstanta kesetimbangan reaksi), X_e (konversi maksimum reaksi)

REVIEW TERMODINAMIKA REAKSI KIMIA**Cakupan yang dipelajari:**

1. Menaksir kelayakan termodinamika suatu reaksi kimia
2. Menentukan konversi maksimum reaksi (X_e) pada kondisi tertentu
3. Menentukan panas yang menyertai reaksi kimia (panas reaksi)

Berdasarkan nilai ΔG° ...!!!

ΔG° (kJ/mol)	Tingkat Kelayakan
$\Delta G^\circ < -40$	Sangat layak
$-40 < \Delta G^\circ < 0$	Layak
$0 < \Delta G^\circ < 40$	Bisa layak, tetapi sangat bergantung kepada kondisi operasi
$\Delta G^\circ > 40$	Pada umumnya tidak layak

Perhitungan ΔG° untuk Reaksi Kimia

Untuk skema reaksi: $\nu_A A + \nu_B B \rightleftharpoons \nu_P P + \nu_Q Q$

$$\Delta G^\circ = (\nu_A) (\Delta G_{f,A}^\circ) + (\nu_B) (\Delta G_{f,B}^\circ) + (\nu_P) (\Delta G_{f,P}^\circ) + (\nu_Q) (\Delta G_{f,Q}^\circ)$$

$$\text{atau: } \Delta G^\circ = \sum_i \nu_i \Delta G_{f,i}^\circ$$

$\Delta G_{f,i}^\circ$ \equiv perubahan energi bebas Gibbs standar
 ν_i \equiv koefisien stoikiometri reaksi komponen i

Ingat...! ν_i berharga negatif (-) untuk reaktan atau pereaksi, dan ν_i berharga positif (+) untuk produk atau hasil reaksi

Kesetimbangan Reaksi Kimia

Pada kesetimbangan reaksi kimia berlaku:

$$\Delta G - \Delta G^{\circ} = RT \ln \frac{a_P^{|v_P|} \cdot a_Q^{|v_Q|}}{a_A^{|v_A|} \cdot a_B^{|v_B|}} = RT \ln K_a = RT \ln K$$

dan $\Delta G = 0$, sehingga: $\Delta G^{\circ} = -RT \ln K$
Atau: $K = e^{-\frac{\Delta G^{\circ}}{RT}}$

Keterangan:

- a_i \equiv aktivitas komponen i
- R \equiv konstanta atau tetapan gas ideal
- T \equiv suhu mutlak (absolut) reaksi

Untuk reaksi homogen fase gas, **konstanta kesetimbangan** dinyatakan sebagai berikut:

$$K = \frac{f_P^{|v_P|} \cdot f_Q^{|v_Q|}}{f_A^{|v_A|} \cdot f_B^{|v_B|}} = \frac{\phi_P^{|v_P|} \cdot \phi_Q^{|v_Q|}}{\phi_A^{|v_A|} \cdot \phi_B^{|v_B|}} \frac{y_P^{|v_P|} \cdot y_Q^{|v_Q|}}{y_A^{|v_A|} \cdot y_B^{|v_B|}} P_t^{v_P+v_Q-v_A-v_B}$$

$$K = K_{\phi} K_y P_t^{v_P+v_Q-v_A-v_B}$$

$$K = K_{\phi} K_y P_t^{\sum v_i} \quad \text{dengan: } K_p = K_y P_t^{\sum v_i}$$

$$\text{sehingga: } K = K_{\phi} K_p$$

Untuk **gas nyata**, berlaku: $K = K_{\phi} K_p$

Untuk **gas ideal**, berlaku: $K = K_p$

Keterangan:

- P_t \equiv tekanan total sistem reaksi (dalam atm)
- $K = K_a$ \equiv konstanta kesetimbangan reaksi berbasis aktivitas
- K_y \equiv konstanta kesetimbangan reaksi berbasis fraksi mol gas
- K_p \equiv konstanta kesetimbangan reaksi berbasis tekanan parsial
- K_{ϕ} \equiv konstanta kesetimbangan reaksi berbasis koefisien fugasitas
- Pada kesetimbangan diperoleh konversi maksimum (X_e)

Panas Reaksi Kimia

Pada umumnya, reaksi kimia berlangsung pada kondisi tekanan tetap.

Pada tekanan tetap, panas yang menyertai keberlangsungan sebuah reaksi adalah sebesar perubahan entalpi reaksinya, atau: $Q = \Delta H$

$$\Delta H^{\circ} = \sum_i v_i \Delta H_{f,i}^{\circ}$$

ΔH sebagai fungsi suhu dapat dinyatakan sebagai:

$$\Delta H = \Delta H_{298}^{\circ} + \int_{298}^T \sum_i (v_i C_{p,i}) dT$$

$C_{p,i}$ \equiv kapasitas panas komponen i, biasanya merupakan fungsi suhu: $C_p = C_p(T)$

Berdasarkan panas yang menyertainya, suatu reaksi dapat digolongkan menjadi:

- **Reaksi eksotermik:** jika reaksi melepaskan panas (ΔH berharga negatif), dan
- **Reaksi endotermik:** jika reaksi membutuhkan panas (ΔH berharga positif)

Hubungan antara perubahan entalpi reaksi (panas reaksi) dengan perubahan energi bebas Gibbs reaksi:

$$\Delta H = \Delta G + T \cdot \Delta S \quad \text{atau:}$$

$$\Delta G = \Delta H - T \cdot \Delta S$$

dengan ΔS adalah perubahan entropi sistem reaksi

Hubungan antara Konstanta Kesetimbangan Reaksi, Panas Reaksi, dan Suhu

Hubungan antara K, ΔH , dan T dinyatakan dengan

persamaan Van't Hoff: $\frac{d(\ln K)}{dT} = \frac{\Delta H}{R T^2}$

Dua kondisi yang dapat ditinjau untuk mengamati pengaruh T terhadap K:

➤ Jika ΔH konstan pada rentang T_1 dan T_2 , maka:

$$\ln \frac{K_2}{K_1} = -\frac{\Delta H}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$

➤ Jika ΔH merupakan fungsi suhu, maka penyelesaian langsung dengan pers. Van't Hoff

CONTOH SOAL

Reaksi fase gas: $\text{C}_2\text{H}_6(\text{g}) \rightleftharpoons \text{C}_2\text{H}_4(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$ berlangsung pada tekanan 1 atm dan suhu 1000 K. Mula-mula hanya terdapat C_2H_6 (murni). Reaktan dan produk reaksi dianggap berkelakuan sebagai gas ideal.

Hitunglah:

- konstanta kesetimbangan reaksi (K), dan
- konversi maksimum reaksi (X_e) yang dapat dicapai pada kondisi tersebut.

Data $\Delta G_{f,298}^\circ$, $\Delta H_{f,298}^\circ$, dan persamaan C_p sebagai fungsi T disajikan dalam tabel berikut:

Komponen	$\Delta G_{f,298}^\circ$ (kJ/mol)	$\Delta H_{f,298}^\circ$ (kJ/mol)	C_p (kJ/mol.K)
$\text{C}_2\text{H}_6(\text{g})$	-32,886	-84,667	$0,0096 + 8,37 \cdot 10^{-5} T$
$\text{C}_2\text{H}_4(\text{g})$	68,124	52,3	$0,0117 + 12,55 \cdot 10^{-5} T$
$\text{H}_2(\text{g})$	0	0	$0,0289 + 1,67 \cdot 10^{-5} T$

Selamat belajar...