



Jenis-Jenis Katalis

(in CATALYST TECHNOLOGY Lecture)

*Instructor: Dr. Istadi
(<http://tekim.undip.ac.id/staf/istadi>)
Email: istadi@undip.ac.id*

Instructor's Background

- BEng. (1995): Universitas Diponegoro
- Meng. (2000): Institut Teknologi Bandung
- PhD. (2006): Universiti Teknologi Malaysia

- Specialization:
 - Catalyst Design for Energy Conversion
 - Process Design for Energy Conversion
 - Combustion Engineering
 - Computational Fluid Dynamic (CFD)



Peningkatan aktifitas katalis mempunyai beberapa keuntungan

- Laju reaksi yang tinggi untuk kondisi operasi yang sama
- Laju reaksi yang ekuivalen tetapi hasil reaksi yang lebih banyak atau reaktor yang lebih kecil
- Laju reaksi yang ekuivalen pada suhu dan tekanan yang lebih rendah dimana yield keseimbangan meningkat, operasi menjadi lebih mudah, deaktivasi menjadi lebih kurang, atau selektifitas yang lebih baik.

Jenis-Jenis Katalis

- Katalis Homogen
- Katalis Enzyme
- Katalis Heterogen

Katalis Homogen

- katalis mempunyai fasa yang sama dengan reaktan dan produk reaksi
- Proses katalisis terjadi melalui perubahan senyawa menjadi senyawa yang kompleks dan terjadi perubahan susunan molekul dan ligan katalis
- Operasi reaksi katalisis fasa cair mempunyai keterbatasan pada suhu dan tekanan, sehingga peralatan reaktor menjadi lebih kompleks
- Katalis setelah reaksi juga harus dipisahkan dari produk, sehingga menambah kesulitan lagi
- sistem katalisis homogen hanya dijumpai pada industri-industri tertentu saja misalnya industri bahan kimia, obat-obatan, dan makanan
- Beberapa industri petrokimia seperti produksi asam asetat, alkilasi olefin, dan hidroformilasi juga menggunakan sistem katalisis homogen

Katalis Enzim

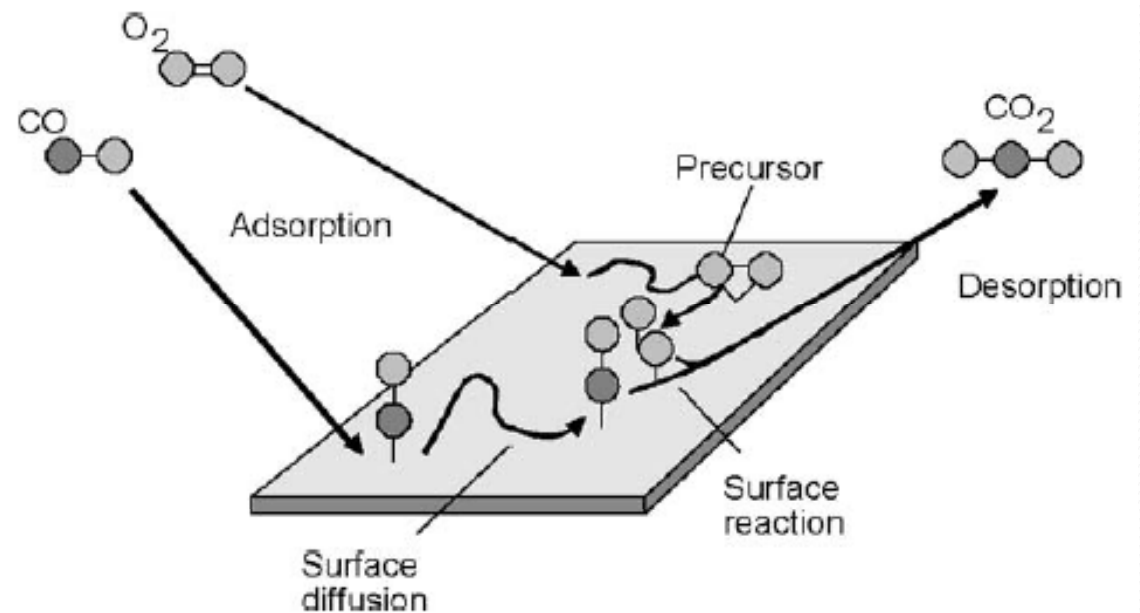
- Enzim adalah molekul-molekul protein dengan ukuran koloid yang berada diantara ranah homogen molekular dan heterogen makroskopik
- Biasanya enzim merupakan katalis yang sangat efisien dan selektif. Sebagai contoh, reaksi dekomposisi H_2O_2 yang dikatalisasi oleh enzim catalase adalah lebih cepat 109 kali daripada dikatalisasi oleh katalis anorganik

Katalis Heterogen

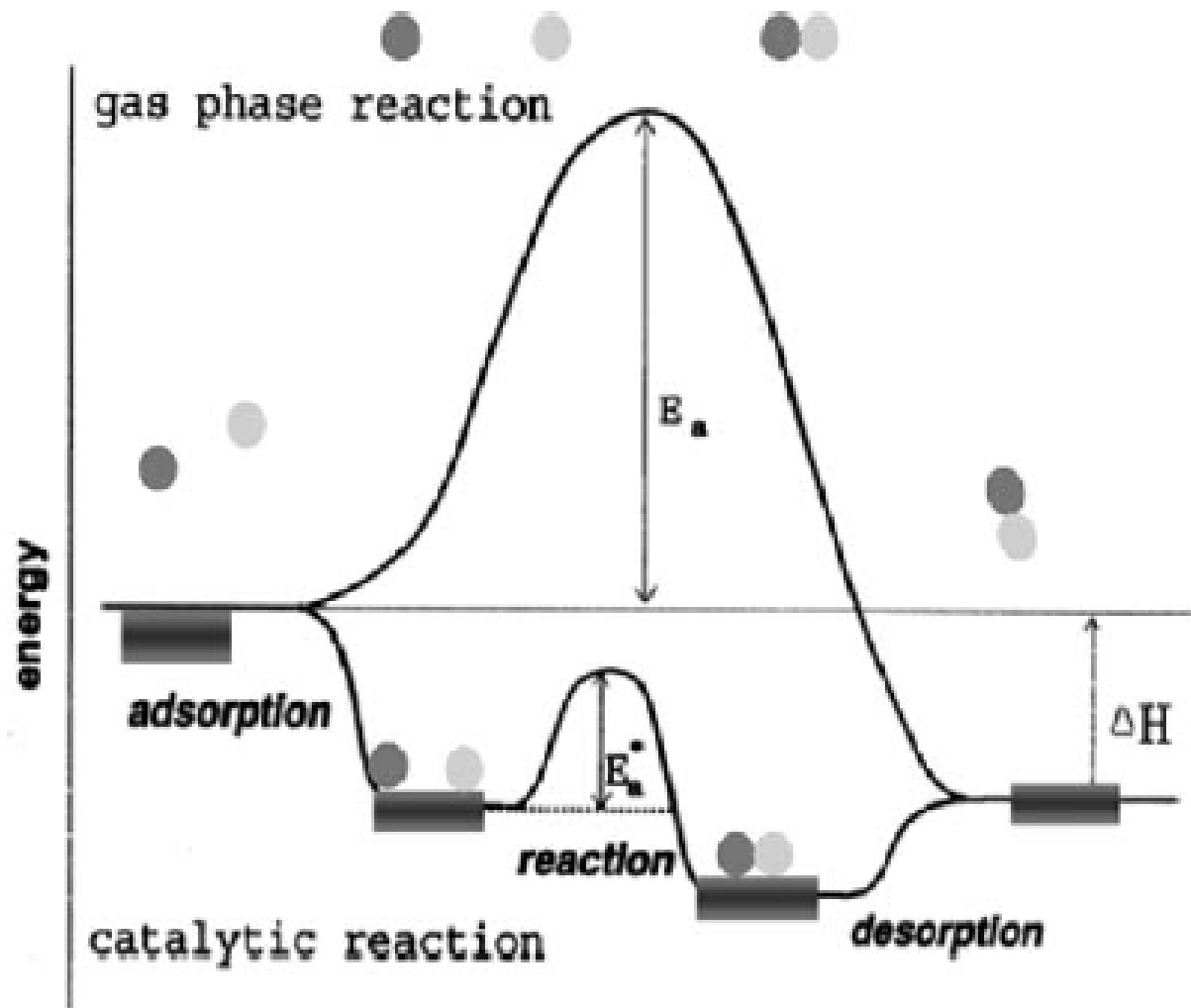
- katalis dan reaktan berbeda fasanya
- Dengan perbedaan fasa antara katalis dan reaktan, maka mekanisme reaksi menjadi sangat kompleks
- Laju reaksi dikendalikan oleh fenomena-fenomena adsorpsi, absorpsi, dan desorpsi
- laju dan energi desorpsi, struktur permukaan aktif, dan sifat-sifat terbentuknya produk antara yang memerlukan kerja-kerja eksperimen yang panjang
- Bahkan, dalam setiap aplikasi katalisis heterogen tertentu terdapat banyak kontroversi tentang detail mekanisme suatu reaksi
- sistem katalis heterogen adalah yang paling mudah digunakan di aplikasi industri karena pelet katalis yang mudah dibuat, katalis mudah diletakkan di dalam tabung reaktor di mana reaktan mengalir, dan konstruksi sederhana

Steps in Heterogeneous Catalysis

- External Diffusion
- Internal Diffusion
- Adsorption
- Surface Reaction
- Desorption
- Internal Diffusion
- External Diffusion

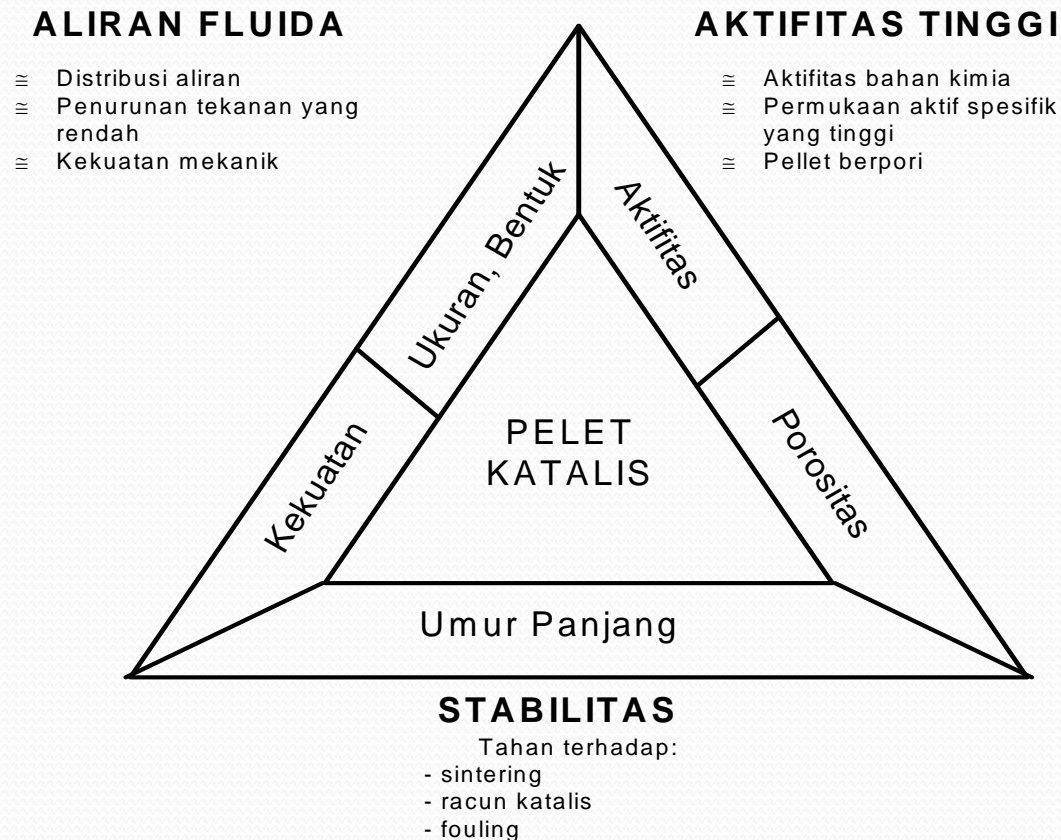


Potential Energy in Catalytic Process



Struktur Katalis

- Desain atau formulasi katalis yang benar adalah jika terdapat kesesuaian antara aliran fluida, aktifitas, dan stabilitas
- Hal ini sangat tergantung kepada reaksi, desain reaktor, kondisi proses, dan faktor ekonomi



Komponen-Komponen Katalis

Fungsi:

- Aktifitas kimia

Jenis:

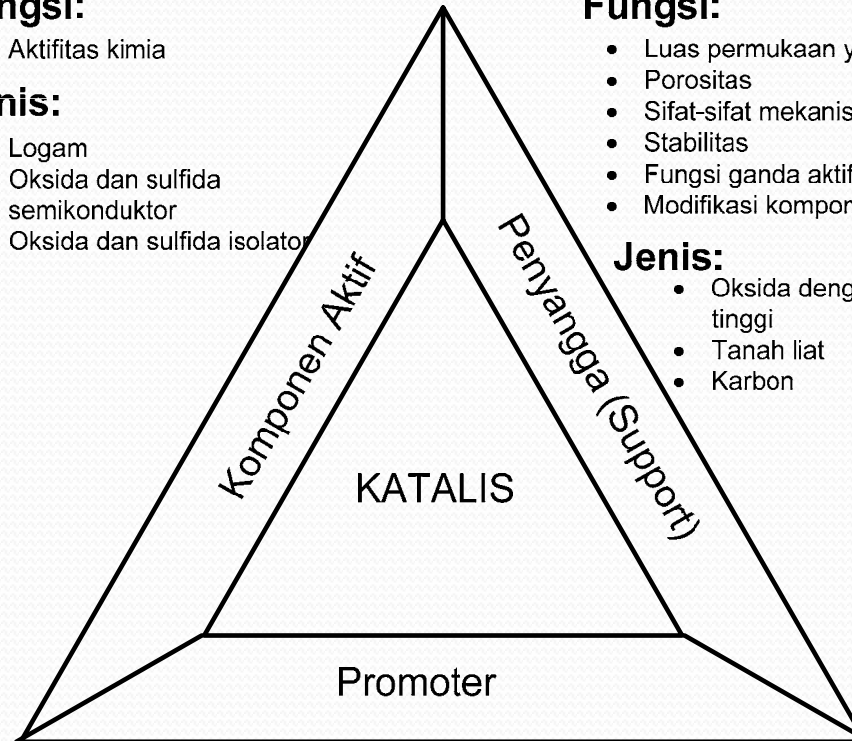
- Logam
- Oksida dan sulfida semikonduktor
- Oksida dan sulfida isolator

Fungsi:

- Luas permukaan yang tinggi
- Porositas
- Sifat-sifat mekanis
- Stabilitas
- Fungsi ganda aktifitas
- Modifikasi komponen aktif

Jenis:

- Oksida dengan titik leleh tinggi
- Tanah liat
- Karbon



Fungsi pada support:

- Struktural
- Penghambat aktifitas
- Promosi aktifitas

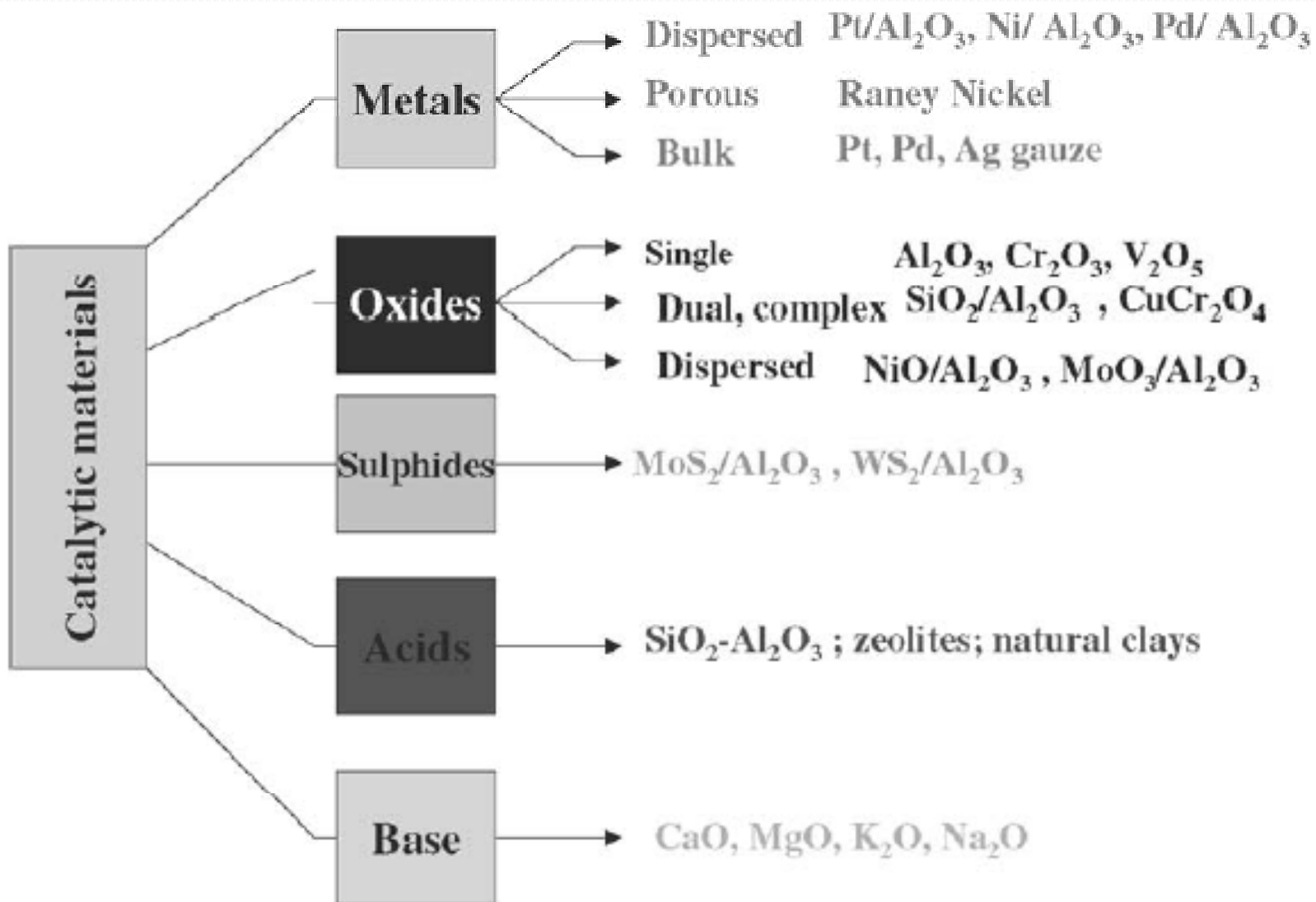
Fungsi pada komponen aktif:

- Elektronik
- Morfologi
- racun

Komponen Aktif (Active Agents)

- Komponen aktif merupakan komponen katalis yang bertanggungjawab terhadap reaksi kimia yang utama.
- Pemilihan komponen aktif adalah tahap pertama dalam mendesain katalis.
- Sementara itu, pengetahuan tentang mekanisme katalitik adalah sangat saintifik
- sehingga metode pemilihan komponen aktif menjadi lebih saintifik juga, walaupun kadang-kadang bersifat empirik
- Katalis yang bersifat asam biasanya merupakan pendorong mekanisme ion karbonium, seperti pada reaksi isomerisasi atau perengkahan

Classification of Catalytic Materials



Penyangga (Support)

- Fungsi yang paling penting adalah menjaga agar luas permukaan komponen aktif tetap besar
- peran penyangga menjadi sangat penting dimana logam aktif (Pt) didispersikan di permukaan penyangga.
- Penyangga sendiri harus tahan terhadap perubahan termal, sehingga seharusnya mempunyai titik leleh sedikit di atas komponen aktif
- Penyangga dengan luas permukaan yang besar antara lain: γ -alumina, SiO_2 , karbon aktif, diatomaceous clay, dan $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$
- Besarnya konsentrasi komponen aktif atau biasa disebut loading juga mempunyai efek yang signifikan agar penyangga bisa memberikan tingkat dispersi komponen aktif yang besar

Oksida dengan titik leleh tinggi sebagai penyangga katalis

Jenis/Sifat	Oksida	Titik leleh (°C)
Basa	MgO	3073
	CaO	2853
	Ca ₂ SiO ₄	2407
	BaO	2196
Amfoter	ThO ₂	2323
	ZrO ₂	2988
	CeO ₂	2873
	Cr ₂ O ₃	2708
	La ₂ O ₃	2588
	α-Al ₂ O ₃	2318
	TiO ₂	2113
Netral	MgAl ₂ O ₄	2408
	MgCr ₂ O ₄	2300
	ZnCr ₂ O ₄	2173
	ZnAl ₂ O ₄	2100
	CaSiO ₃	1813
Asam	γ-Al ₂ O ₃	2318
	SiO ₂	1973
	SiO ₂ -Al ₂ O ₃	1818

Promotor (Promoter)

- Tujuan pemberian promotor ini adalah untuk menghasilkan aktifitas, selektifitas, dan efek stabilitas yang diinginkan
- Promotor didesain untuk membantu penyangga atau komponen aktif.
- Salah satu peran penting dari promotor adalah dalam pengendalian stabilitas katalis.
- Beberapa kasus lain, promotor ditambahkan ke dalam struktur katalis atau penyangga untuk menghambat mekanisme reaksi tertentu yang tidak diinginkan, seperti pembentukan karbon (coke).

Contoh promotor katalis dalam beberapa proses

Katalis	Promotor	Fungsi
Al ₂ O ₃ (Penyangga dan Katalis)	SiO ₂ , ZrO, P K ₂ O HCl MgO	Memperbaiki stabilitas termal Meracuni situs coking Meningkatkan keasaman Mencegah sintering komponen aktif
SiO ₂ -Al ₂ O ₃ (Katalis Perengkahan)	Pt	Meningkatkan oksidasi CO
Zeolit (Perengkahan katalitik)	Ion alkali (rare earth) Pd	Meningkatkan keasaman dan stabilitas termal Meningkatkan hidrogenasi
Pt/Al ₂ O ₃ (Reformasi katalitik)	Re	Mengurangi hidrogenolisis dan sintering
MoO ₃ /Al ₂ O ₃ (hidrotreating)	Ni, Co P, B	Meningkatkan hidrogenolisis C-S dan C-N Meningkatkan dispersi MoO ₃
Ni/ceramic (Reformasi kukus)	K	Meningkatkan penghilangan karbon