

PROSES INDUSTRI KIMIA 2
(TKK 321)
(Chemical Process Industries)

By Ir. Slamet Priyanto, MS
Dr. Istadi, ST, MT

Semester 7, Year 2006-2007

Chemical Engineering, Diponegoro University

Evaluation/Exams

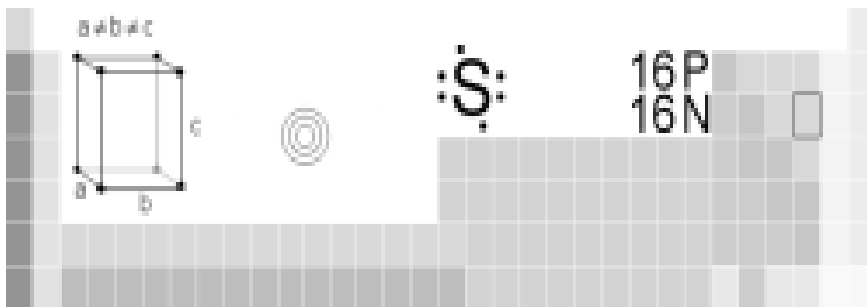
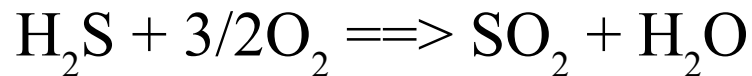
- Credit : 2 credits/SKS
- References/Textbook:
 - Austin, G.T. *Shreve's Chemical Process Industries*, 5th ed; McGraw-Hill Book Co.: New York, 1984. TP145.S5, 1984.
 - Kent, J.A. *Riegel's Handbook for Industrial Chemistry*, 9th ed.; Van Nostrand Reinhold Co., New York, 1992. TP145.R54, 1992.
- Sistem Penilaian:
 - Ujian Modul (Modul 1 dan Modul 2) ==> 70%
 - Tugas ==> 30% Tugas (2 tugas kelompok dan 1 tugas mandiri)

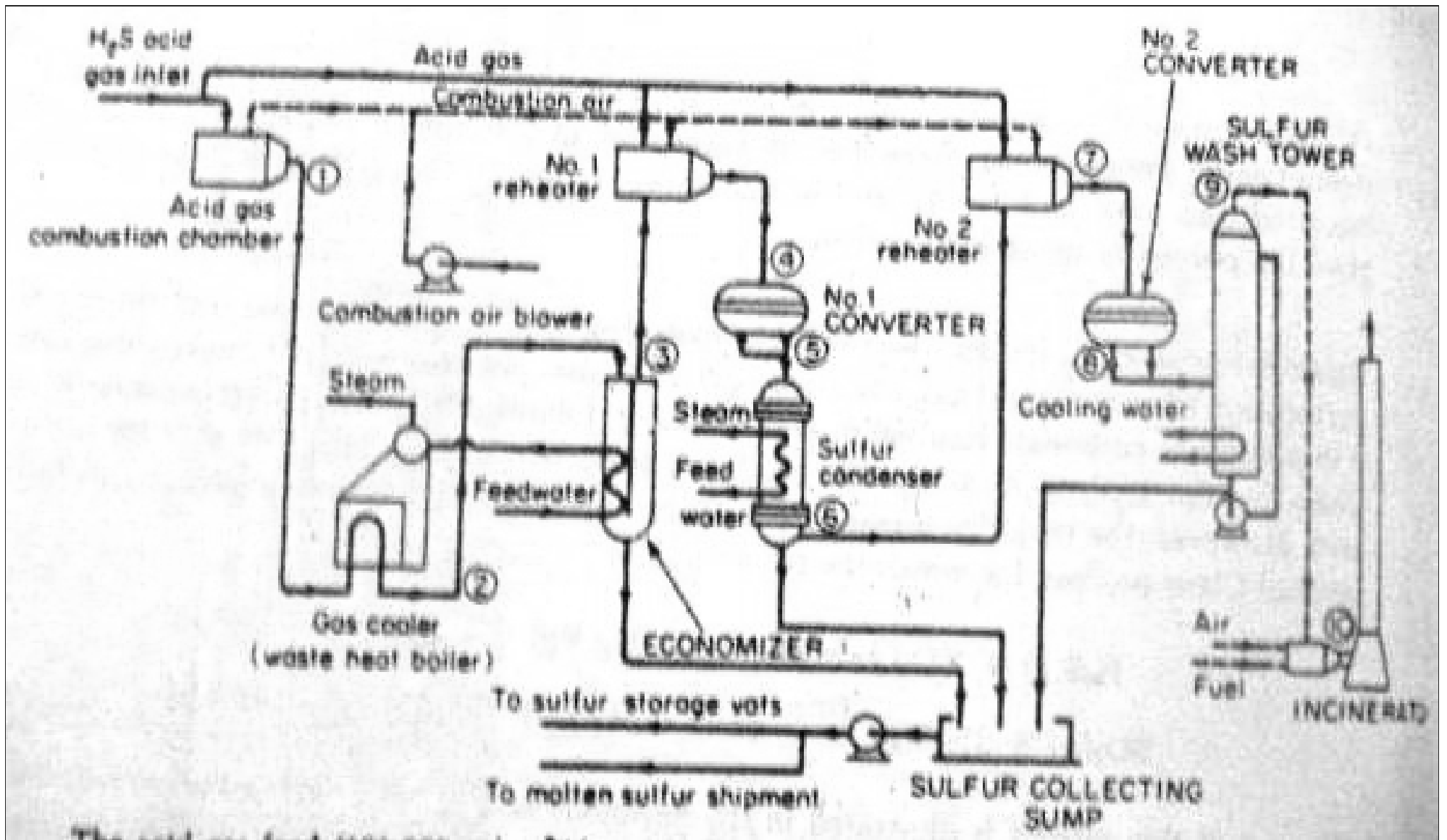
Outline for Modul 2

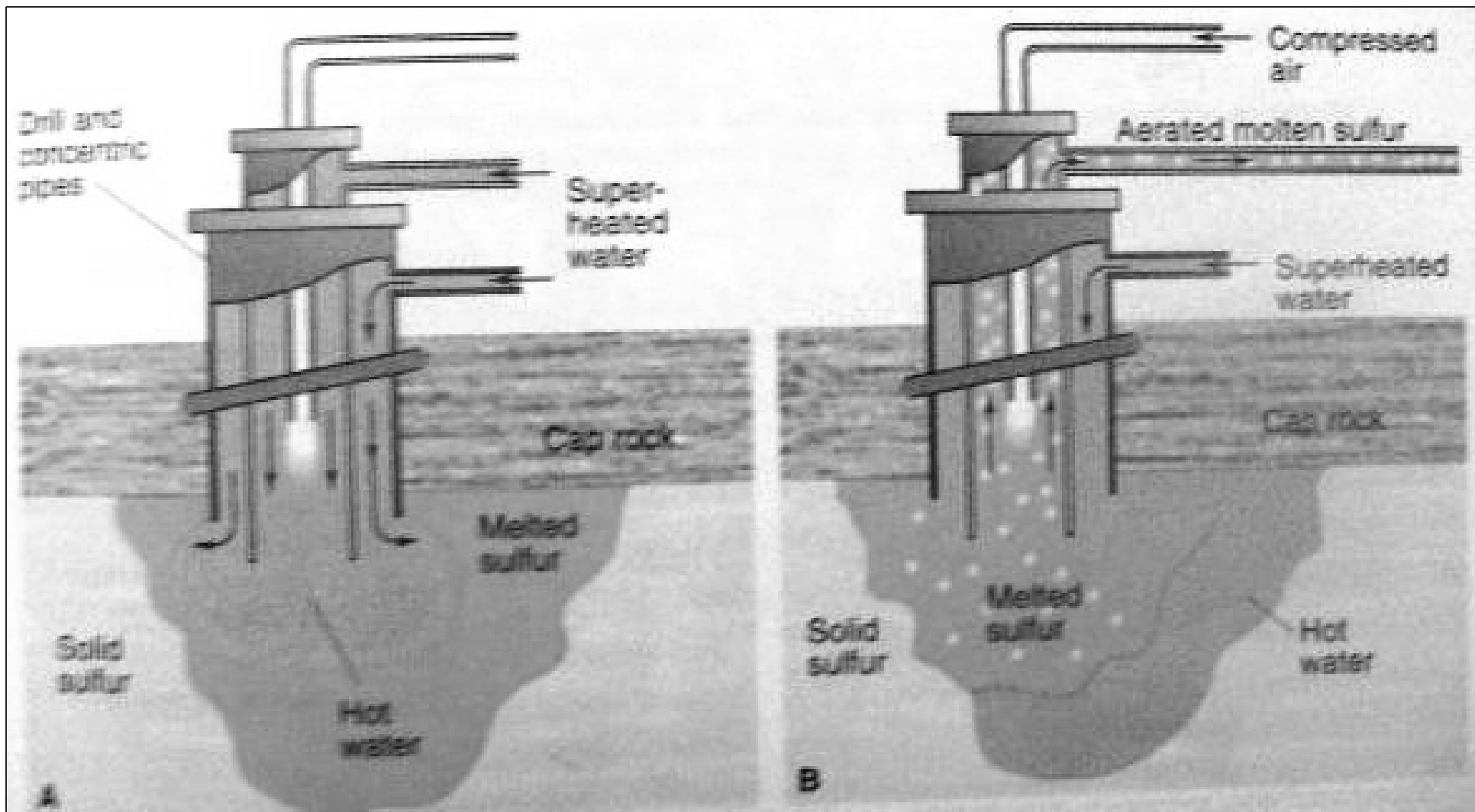
- Industri Berbasiskan Belerang (Sulfur)
- Industri Berbasiskan Nitrogen
- Industri Semen
- Tugas Kuliah
- Ujian Modul

Industri Belerang (Sulfur) dan Asam Sulfat

- Belerang ada di alam dalam bentuk: pyrite (FeS_2), sphalerite (ZnS), dan chalcopyrite (CuFeS_2).
- Perolehan belerang:
 - Mining (*Frasch Process*)
 - Sulfur from fuel gases: *Claus Process*







Pohon Industri Belerang

Produksi Asam Sulfat (H_2SO_4)

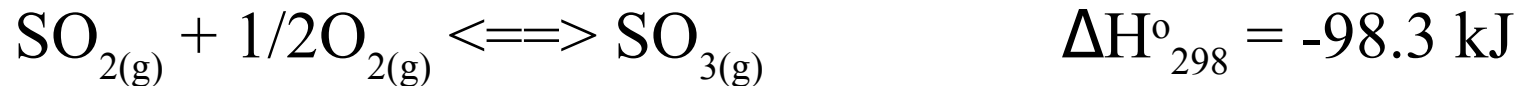
- **Uses:** oxidizing agent, dehydrating agent (absorbing water), fertilizer
- **Dijual dlm bentuk:** H_2SO_4 solution in water, oleum (20% SO_3 + 80% H_2SO_4)
- **Proses Contact** → [Figure 19.4 Shreve's]

- Reaksi kimia:

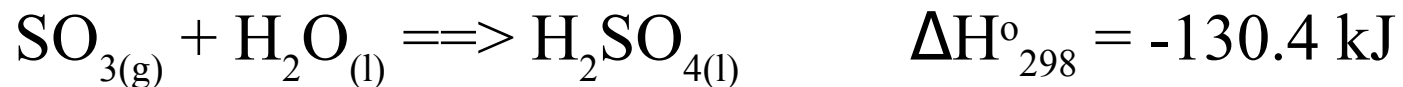
- produksi SO_2 dari sulfur:



- Converting/oxidation of SO_2 to SO_3 :



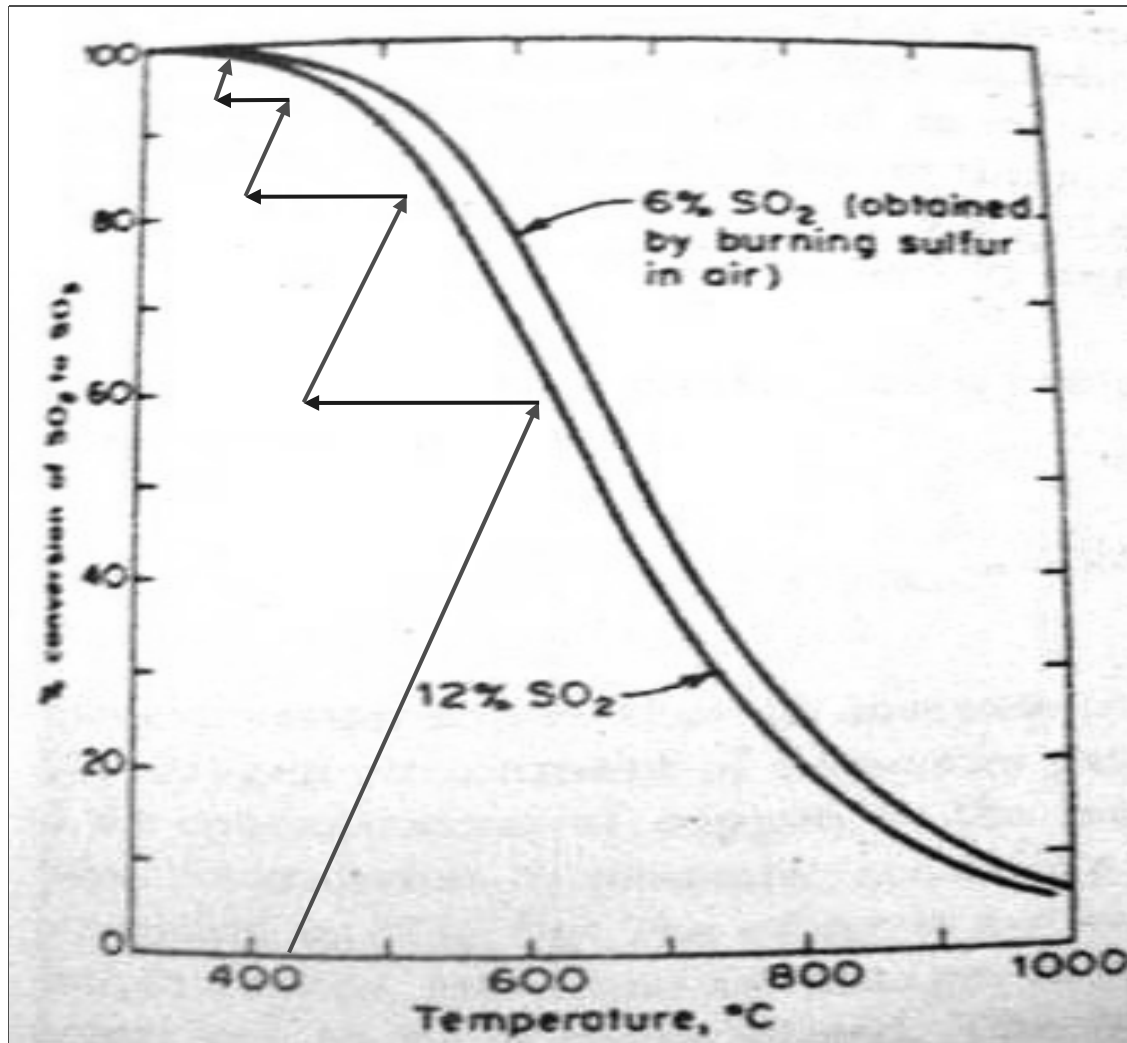
- Penyerapan SO_3 oleh air:



Konversi $\text{SO}_2 \rightarrow \text{SO}_3$

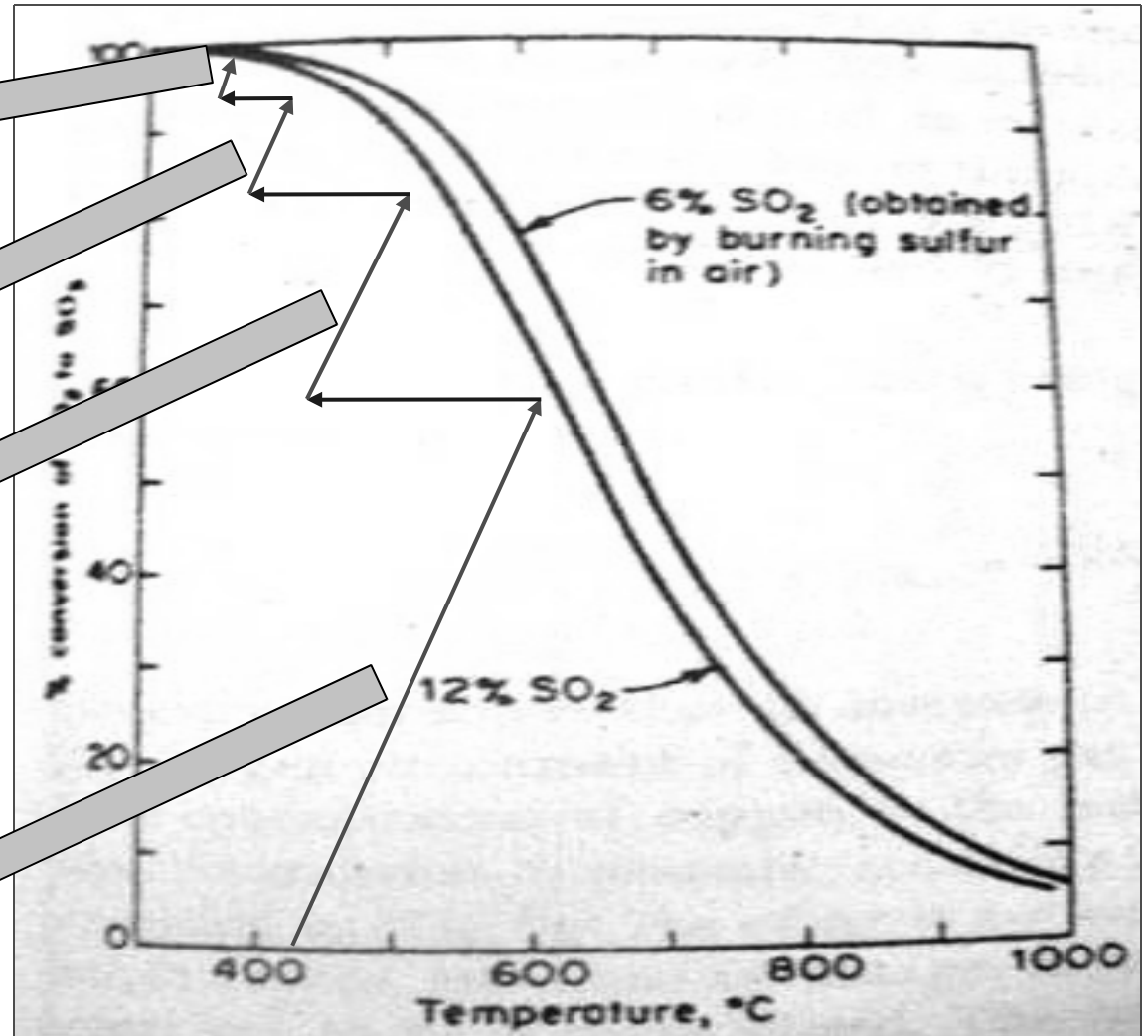
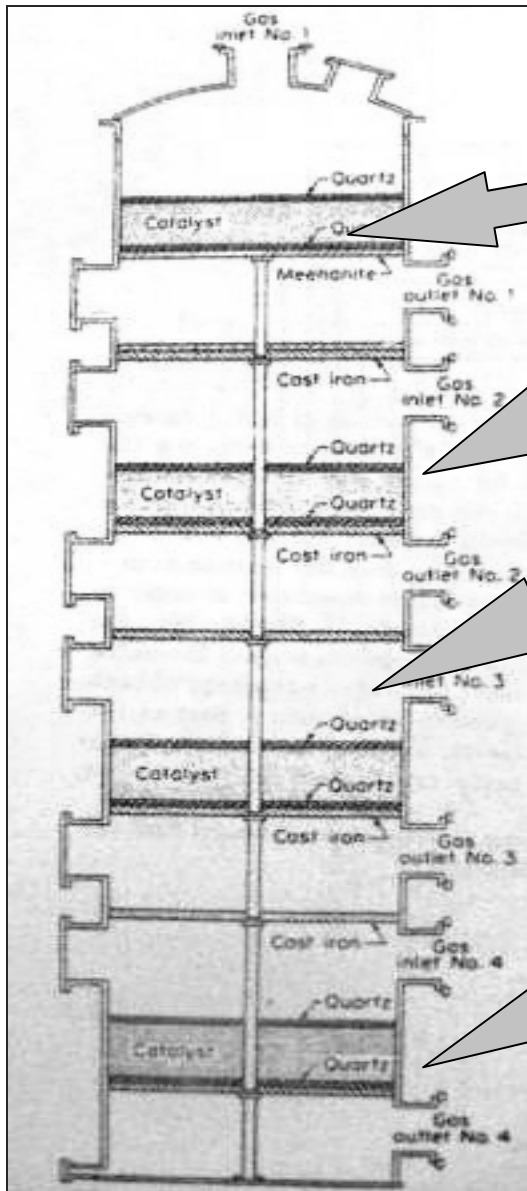
- Reaksi: $\text{SO}_{2(g)} + \frac{1}{2}\text{O}_{2(g)} \leftrightarrow \text{SO}_{3(g)} \Delta H^\circ = -98.3 \text{ KJ}$
- Reaksinya adalah eksotermis reversibel
- Reaksi konversi dilakukan di dalam sebuah **CONVERTER**
- Konversi dengan satu tahap absorpsi : 97-98 %
- Konversi dengan dua tahap absorpsi : 99.5%
- Konstanta kesetimbangan reaksi: $K_p = p_{\text{SO}_3} / (p_{\text{SO}_2} \cdot p_{\text{O}_2}^{1/2})$
- Reaksi reversible eksotermis \rightarrow ***Konversi Kesetimbangan***
- Hubungan **Temperatur vs Konversi Kesetimbangan** \rightarrow

Hubungan Temperatur vs Konversi Kesetimbangan



- Jika temperatur naik → Konversi SO₂ menurun
- Pada temperatur tinggi → reaksi lebih cepat
- Pada Temperatur rendah → konversi besar, laju reaksi lambat
- Aplikasinya (aktual) dengan proses bertingkat:
 - Gas masuk ke katalis pada 425-440 °C
 - Gas tsb dibiarkan naik suhunya secara adiabatik
 - Laju reaksi meningkat dengan naiknya temperatur
 - Laju reaksi mulai menurun ketika kesetimbangan dicapai
 - Reaksi dihentikan (tahap 1) ini pada konversi SO₂ 60-70% (600 °C)
 - Kemudian gas didinginkan di HE atau WHB hingga temperatur tidak lebih dari 430 °C sebelum dimasukkan kembali ke katalis
 - LIHAT PADA GAMBAR
- Yield dengan metode ini mencapai: 97-98 %, dan laju reaksi overall sangat cepat

Gambar Four-pass Converter (Monsanto)



K_p dalam fraksi mol ($\text{SO}_2 + \frac{1}{2}\text{O}_2 \rightleftharpoons \text{SO}_3$)

$$n_{\text{SO}_3}^2 = \frac{n_{\text{SO}_2}^2 \cdot n_{\text{O}_2} \cdot K_p \cdot P}{N}$$

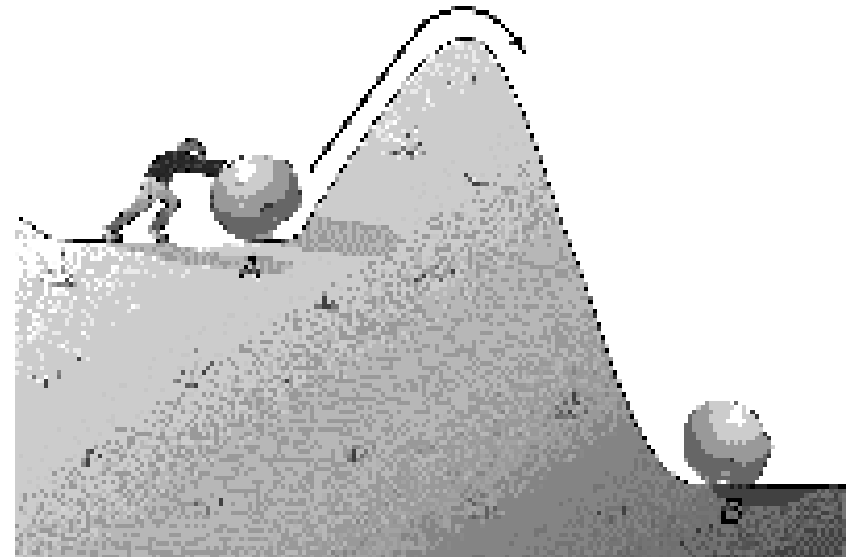
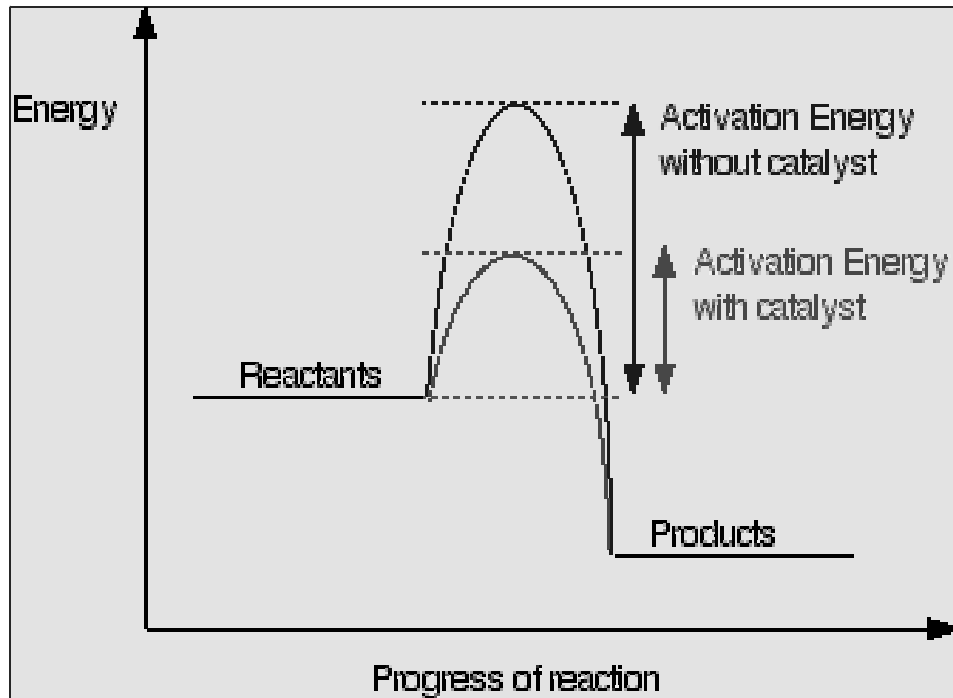
$$n_{\text{SO}_3}^2 = \frac{n_{\text{SO}_2}^2 \cdot n_{\text{O}_2} \cdot K_p \cdot P}{N}$$

- Meningkatnya SO_2 atau $\text{O}_2 \rightarrow$ menaikkan konversi menjadi SO_3
- Le Chatelier's principles \rightarrow Tekanan naik \Rightarrow menaikkan konversi menjadi SO_3
- Mol SO_3 berbanding terbalik dengan N (total mol) \Rightarrow jika gas umpan diencerkan dengan gas inert (N_2), maka konversi menjadi SO_3 menurun.
- Jika mol SO_3 di produk diambil, reaksi akan bergeser ke pembentukan $\text{SO}_3 \rightarrow$ maka gas keluar katalis (untuk stage tertentu) dimasukkan dalam absorber untuk mengurangi SO_3 dalam alairan produk

Catalyst for SO₂ Converter

- Catalyst → untuk menaikkan laju reaksi, mengarahkan reaksi
- Katalis yang digunakan (sekarang) → diatomaceous earth yang diimpregnasi dengan:
 - 7% V₂O₅
 - K₂SO₄-V₂O₅
- Katalis yang lain: molten salt yang diimpregnasikan di dalam silika berpori:
 - Kadang-kadang digunakan 2 grade katalis:
 - Katalis tahap 1 diisi dengan katalis “kurang aktif tetapi keras”
 - Katalis tahap 2 diisi dengan katalis “lebih aktif tetapi lunak”
 - Racun katalis: fluorine (merusakkan support silika), arsenic, dan klorida
- Katalis yang lain (before 1930): Fe₂O₃, Pt

Peran Katalis



Thank you