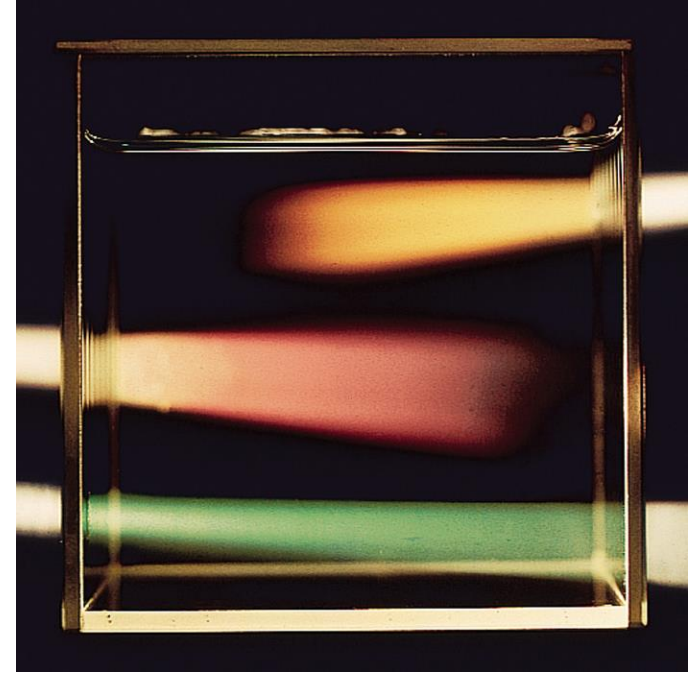




De-icing pesawat didasarkan pada penurunan titik beku



Sifat-sifat Fisika Larutan

Bab 12

Larutan adalah campuran homogen dari 2 zat atau lebih.



Zat terlarut adalah zat yang terdapat dalam jumlah yang lebih kecil.

Pelarut adalah zat yang terdapat dalam jumlah lebih **besar**.

Zat Terlarut	Pelarut	Wujud Larutan yang Dihasilkan	Contoh
Gas	Gas	Gas	Udara
Gas	Cairan	Cairan	Air soda (CO ₂ dalam air)
Gas	Padatan	Padatan	Gas H ₂ dalam paladium
Cairan	Cairan	Cairan	Etanol dalam air
Padatan	Cairan	Cairan	NaCl dalam air
Padatan	Padatan	Padatan	Kuningan (Cu/Zn), solder (Sn/Pb)

Larutan jenuh (*saturated solution*) mengandung jumlah maksimum zat terlarut yang dapat larut dalam pelarut tertentu pada suhu tertentu.

Larutan tak jenuh (*unsaturated solution*) mengandung lebih sedikit zat terlarut dibandingkan kemampuan pelarut untuk melarutkannya pada suhu tertentu.

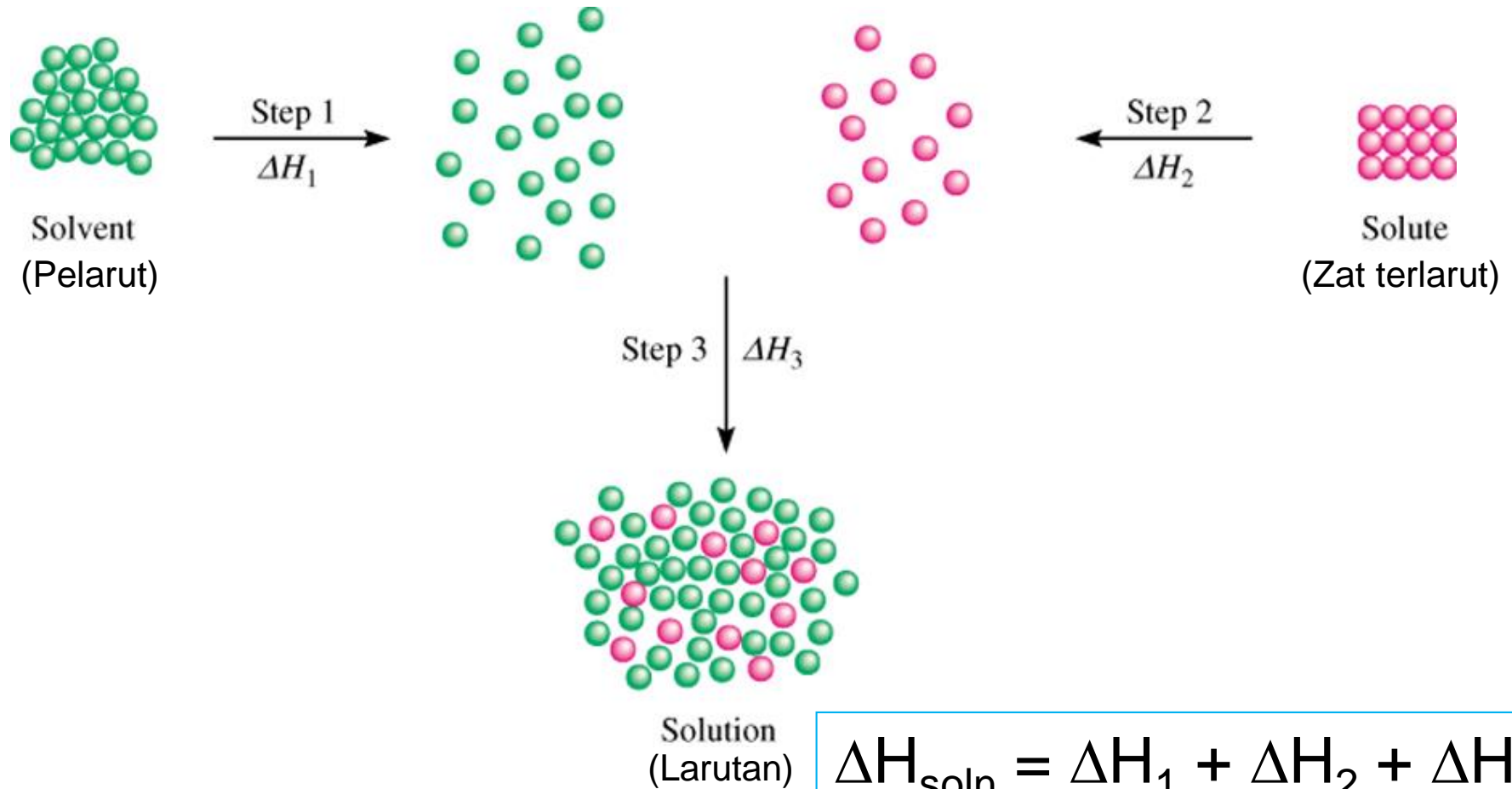
Larutan lewat jenuh (*supersaturated solution*) mengandung lebih banyak zat terlarut dibandingkan larutan jenuh pada suhu tertentu.

Kristal natrium asetat dengan cepat terbentuk ketika sedikit benih kristal ditambahkan ke dalam larutan natrium asetat lewat jenuh.



Tiga jenis interaksi dalam proses pelarutan:

- interaksi **pelarut-pelarut** (*solvent-solvent*)
- interaksi **zat terlarut-zat terlarut** (*solute-solute*)
- interaksi **pelarut-zat terlarut** (*solvent-solute*)



$$\Delta H_{\text{soln}} = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3$$

Ket.: $\Delta H_{\text{soln}} = \Delta H_{\text{larutan}}$



“*like dissolves like*”

“yang sejenis melarutkan yang sejenis”

Dua zat dengan gaya ***antarmolekul sejenis*** cenderung saling melarutkan satu sama lain.

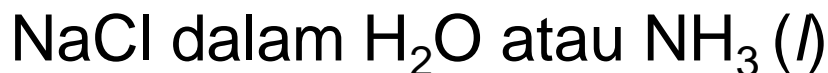
- molekul nonpolar larut dalam pelarut nonpolar



- molekul polar larut dalam pelarut polar



- senyawa ionik lebih mudah larut dalam pelarut polar



CONTOH 12.1

Prediksikan kelarutan relatif dalam kasus-kasus berikut ini: (a) Bromin (Br_2) dalam benzena (C_6H_6 , $\mu = 0 \text{ D}$) dan di dalam air ($\mu = 1,87 \text{ D}$), (b) KCl dalam karbon tetraklorida (CCl_4 , $\mu = 0 \text{ D}$) dan dalam amonia cair (NH_3 , $\mu = 1,46 \text{ D}$), (c) formaldehida (CH_2O) dalam karbon disulfida (CS_2 , $\mu = 0 \text{ D}$) dan di dalam air.

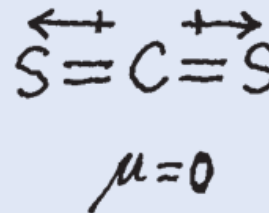
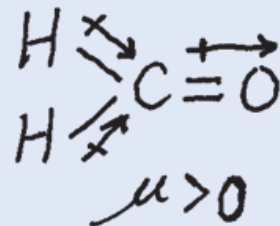
Strategi Dalam memprediksi kelarutan, ingat pepatah: *Like dissolves Like*. Zat terlarut nonpolar akan larut dalam pelarut nonpolar; senyawa ionik umumnya akan larut dalam pelarut polar karena interaksi ion-dipol; zat terlarut yang dapat membentuk ikatan hidrogen dengan pelarut akan memiliki kelarutan yang tinggi dalam pelarut tersebut.

Jawaban

(a) Br_2 adalah molekul nonpolar dan karena itu seharusnya lebih larut dalam C_6H_6 , yang juga nonpolar dibandingkan di dalam air. Satu-satunya gaya antarmolekul antara Br_2 dan C_6H_6 adalah gaya dispersi.

(b) KCl adalah senyawa ionik. Agar larut, masing-masing ion K^+ dan Cl^- distabilkan oleh interaksi ion-dipol. Karena CCl_4 tidak memiliki momen dipol, KCl harus lebih larut dalam NH_3 cair yang merupakan suatu molekul polar dengan momen dipol yang besar.

(c) Karena CH_2O adalah suatu molekul polar dan CS_2 (suatu molekul linier) adalah nonpolar,



Gaya-gaya antar molekul CH_2O dan CS_2 adalah dipol-dipol terinduksi dan dispersi. Selain itu, CH_2O dapat membentuk ikatan hidrogen dengan air, sehingga seharusnya lebih larut dalam pelarut tersebut.

Satuan/Unit Konsentrasi

Konsentrasi suatu larutan adalah jumlah zat terlarut yang ada dalam sejumlah pelarut atau larutan tertentu.

Persen Massa

$$\begin{aligned}\% \text{ massa} &= \frac{\text{massa zat terlarut}}{\text{massa zat terlarut} + \text{massa pelarut}} \times 100\% \\ &= \frac{\text{massa zat terlarut}}{\text{massa larutan}} \times 100\%\end{aligned}$$

Fraksi Mol (X)

$$X_A = \frac{\text{mol zat A}}{\text{jumlah mol seluruh komponen}}$$

Satuan/Unit Konsentrasi

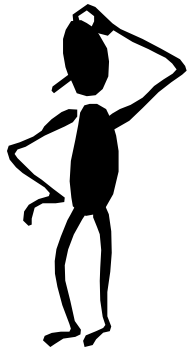
Molaritas (M)

$$M = \frac{\text{mol zat terlarut}}{\text{liter larutan}}$$

Molalitas (m)

$$m = \frac{\text{mol zat terlarut}}{\text{massa pelarut (kg)}}$$





Berapakah molalitas larutan etanol (C_2H_5OH) 5,86 M yang massa jenisnya 0,927 g/mL?

$$m = \frac{\text{mol zat terlarut}}{\text{massa pelarut (kg)}}$$

$$M = \frac{\text{mol zat terlarut}}{\text{liter larutan}}$$

Asumsikan 1 L larutan:

5,86 mol etanol = 270 g etanol

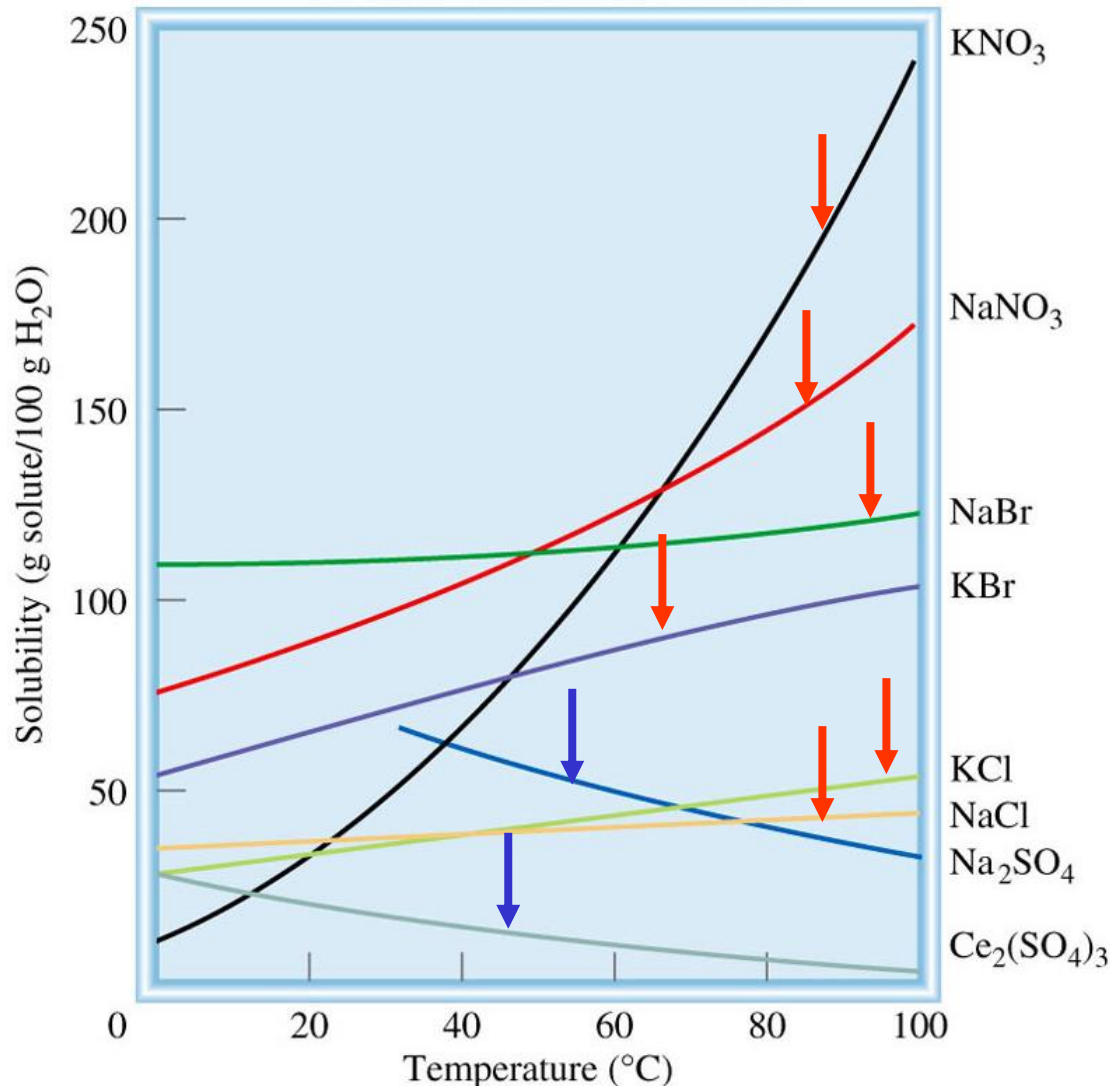
927 g larutan (1000 mL x 0,927 g/mL)

$$\begin{aligned} \text{massa pelarut} &= \text{massa larutan} - \text{massa zat terlarut} \\ &= 927 \text{ g} - 270 \text{ g} = 657 \text{ g} = 0,657 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$m = \frac{\text{mol zat terlarut}}{\text{massa pelarut (kg)}} = \frac{5,86 \text{ mol } C_2H_5OH}{0,657 \text{ kg pelarut}} = 8,92 \text{ } m$$

Suhu dan Kelarutan

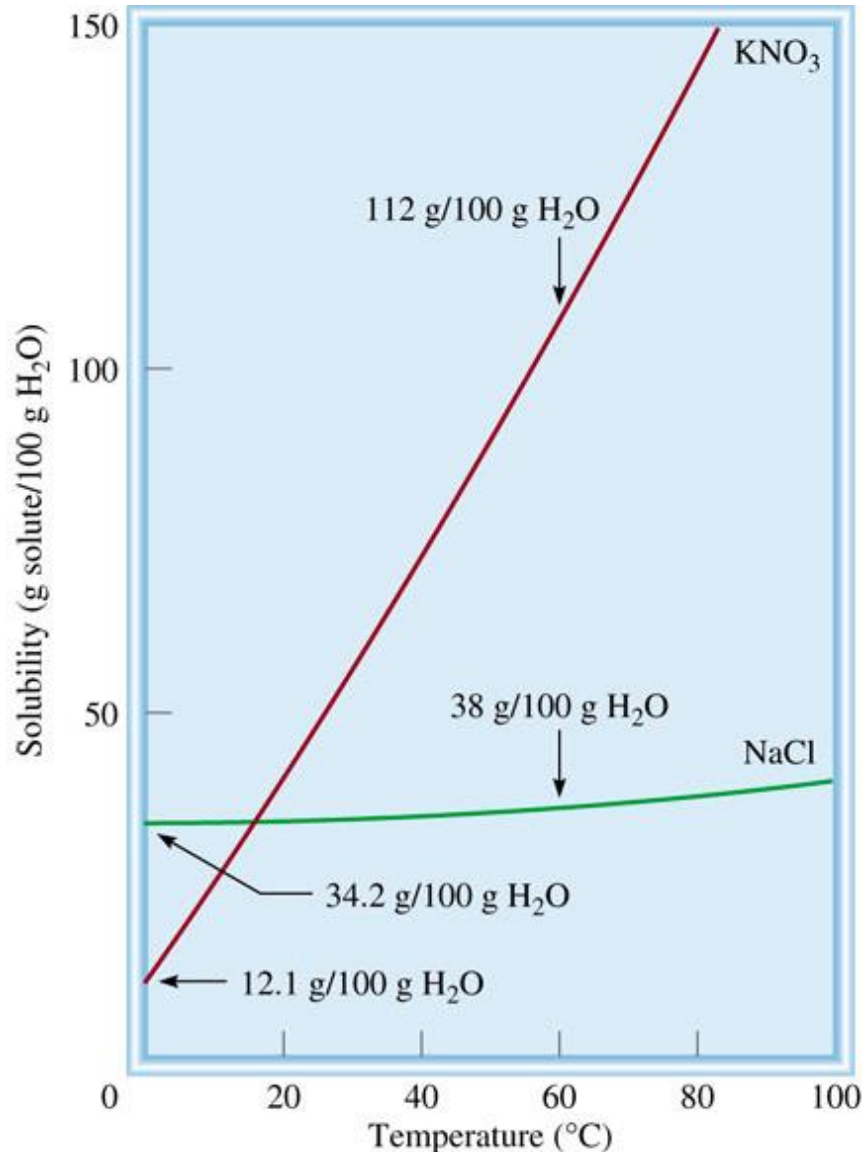
Kelarutan padatan dan suhu



kelarutan meningkat dengan meningkatnya suhu

kelarutan menurun dengan meningkatnya suhu

Kristalisasi fraksional adalah pemisahan campuran zat menjadi komponen murni berdasarkan perbedaan kelarutannya.



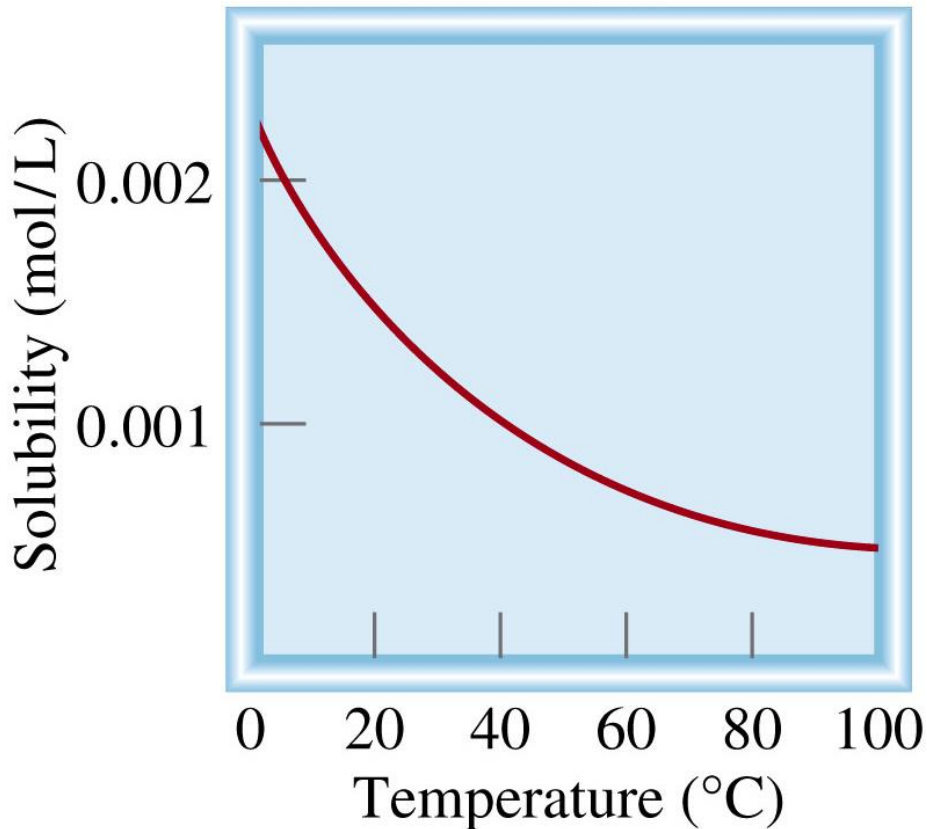
Misalkan Anda memiliki 90 g KNO₃ yang terkontaminasi 10 g NaCl.

Kristalisasi fraksional:

1. Larutkan sampel dalam 100 mL air pada suhu 60°C
2. Dinginkan larutan hingga 0°C
3. Semua NaCl akan tetap berada dalam larutan (s = 34,2 g/100 g)
4. 78 g KNO₃ MURNI akan mengendap (s = 12 g/100 g).
 $90 \text{ g} - 12 \text{ g} = 78 \text{ g}$

Suhu dan Kelarutan

Kelarutan gas O_2 dan suhu



kelarutan biasanya
menurun dengan
meningkatnya suhu

Tekanan dan Kelarutan Gas

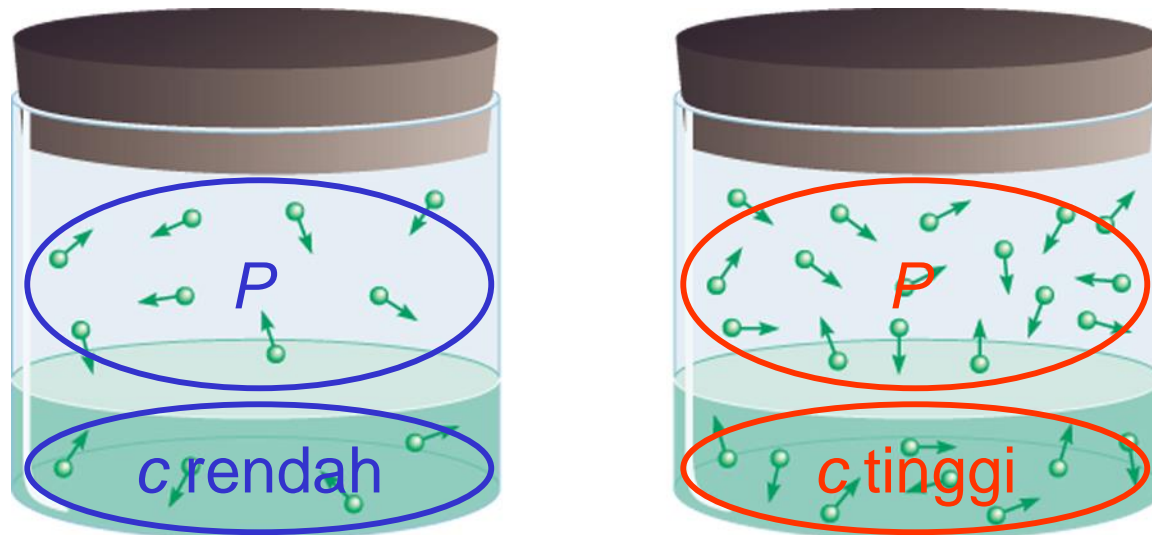
Kelarutan gas dalam suatu cairan sebanding dengan tekanan gas di atas larutan (**hukum Henry**).

$$c = kP$$

c adalah konsentrasi (M) gas terlarut

P adalah tekanan gas di atas larutan

k adalah konstanta untuk setiap gas (mol/L • atm) yang hanya bergantung pada suhu



Kimia “*in Action*”: Danau Pembunuh



Danau Pembunuh

Disaster/bencana menyerang dengan cepat dan tanpa peringatan. Pada tanggal 21 Agustus 1986, Danau Nyos di Kamerun, sebuah negara kecil di pantai barat Afrika, tiba-tiba menyemburkan awan padat karbon dioksida yang dengan cepat menuruni lembah sungai dan menyebabkan sesak napas, sehingga lebih dari 1700 orang dan banyak ternak menjadi korban tewas.

Bagaimana tragedi ini terjadi? Danau Nyos bertingkat-tingkat menjadi lapisan-lapisan yang tidak bercampur. Sebuah batas memisahkan air tawar di permukaan dari larutan yang lebih dalam dan lebih padat yang mengandung mineral dan gas terlarut, termasuk CO₂. Gas CO₂ berasal dari mata air tanah berkarbonasi yang merembes ke atas ke dasar danau yang terbentuk secara vulkanik. Mengingat tingginya tekanan air di dasar danau, konsentrasi CO₂ secara bertahap terakumulasi ke tingkat yang sangat tinggi, sesuai dengan hukum Henry. Apa yang memicu pelepasan CO₂ belum diketahui secara pasti. Dipercaya bahwa gempa bumi, tanah longsor, atau bahkan angin kencang dapat mengganggu keseimbangan yang rapuh di dalam danau, menciptakan gelombang yang menjungkir-balikkan lapisan air. Ketika air di dalam naik, CO₂ terlarut keluar dari larutan, seperti minuman ringan yang mendesis ketika botol dibuka. Karena lebih berat dari udara, CO₂ bergerak turun mendekati permukaan bumi dan benar-benar menecik seluruh desa sejauh 15 mil.

Sekarang, lebih dari 20 tahun setelah kejadian itu, para ilmuwan khawatir bahwa konsentrasi CO₂ di dasar Danau Nyos kembali mencapai tingkat kejenuhan. Untuk mencegah terulangnya tragedi sebelumnya, upaya telah dilakukan untuk memompa air yang dalam, sehingga melepaskan CO₂ terlarut. Selain mahal, pendekatan ini kontroversial karena dapat mengganggu perairan di dekat dasar danau, yang menyebabkan pelepasan CO₂ yang tidak terkendali ke permukaan. Sementara itu, bom waktu alami terus berdetak.

21/8/86
Awan CO₂
mengakibatkan
1700 Korban

Pemicu?

- gempa bumi
- tanah longsor
- angin kencang



Perairan dalam di Danau Nyos dipompa ke permukaan untuk menghilangkan gas CO₂ yang terlarut.

Sifat-sifat Koligatif Larutan Nonelektrolit

Sifat koligatif adalah sifat yang hanya bergantung pada **jumlah** partikel zat terlarut dalam larutan dan tidak bergantung pada **sifat** partikel zat terlarut.

Penurunan Tekanan Uap

$$P_1 = X_1 P_1^0$$

P_1^0 = tekanan uap pelarut **murni**

Hukum Raoult

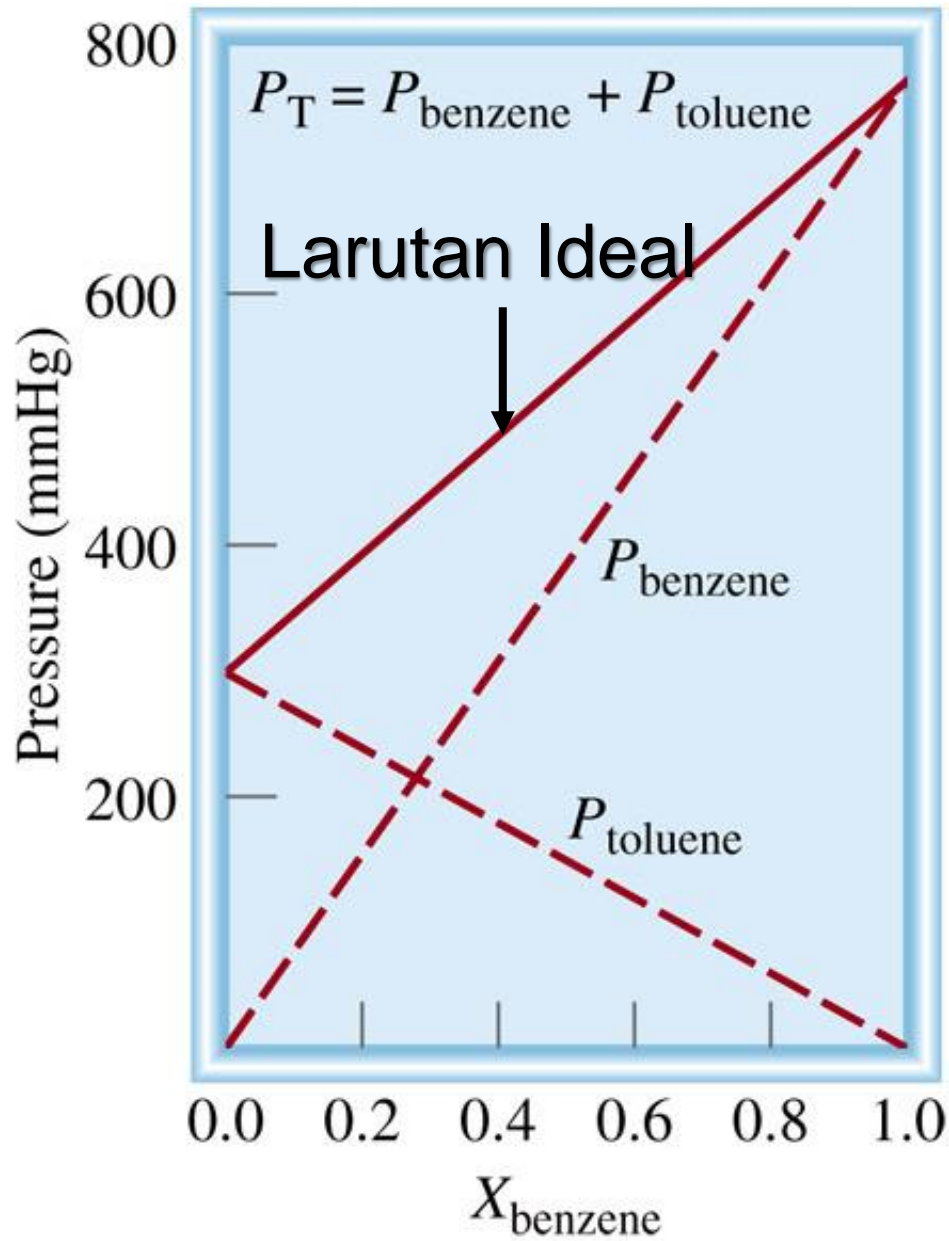
X_1 = fraksi mol pelarut

Jika larutan hanya mengandung satu zat terlarut:

$$X_1 = 1 - X_2$$

$$P_1^0 - P_1 = \Delta P = X_2 P_1^0$$

X_2 = fraksi mol zat terlarut



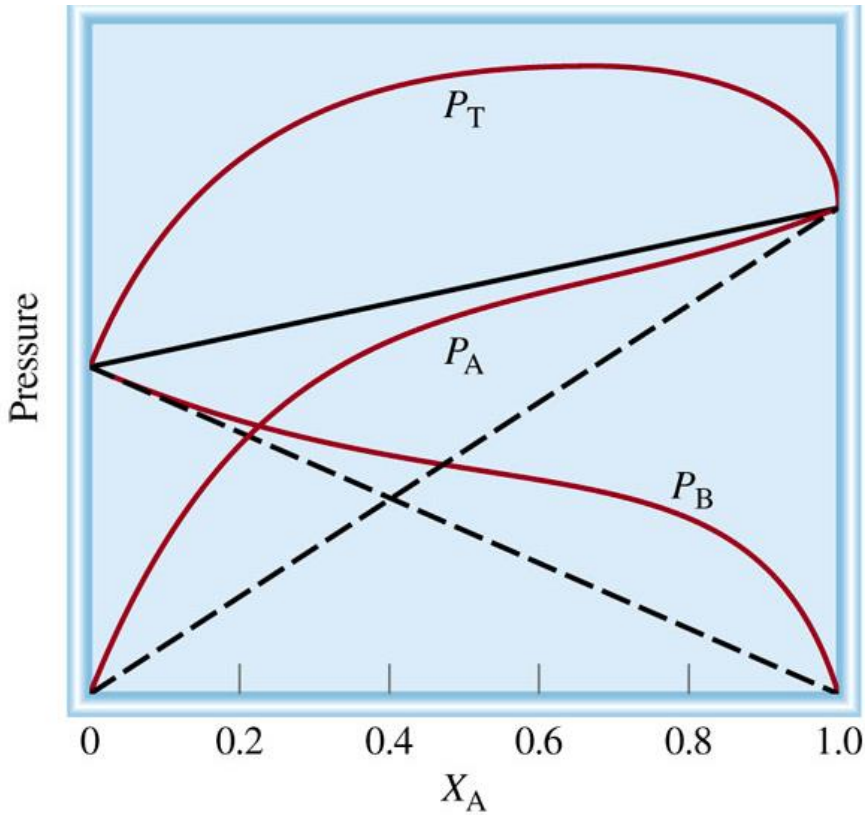
$$P_A = X_A P_A^0$$

$$P_B = X_B P_B^0$$

$$P_T = P_A + P_B$$

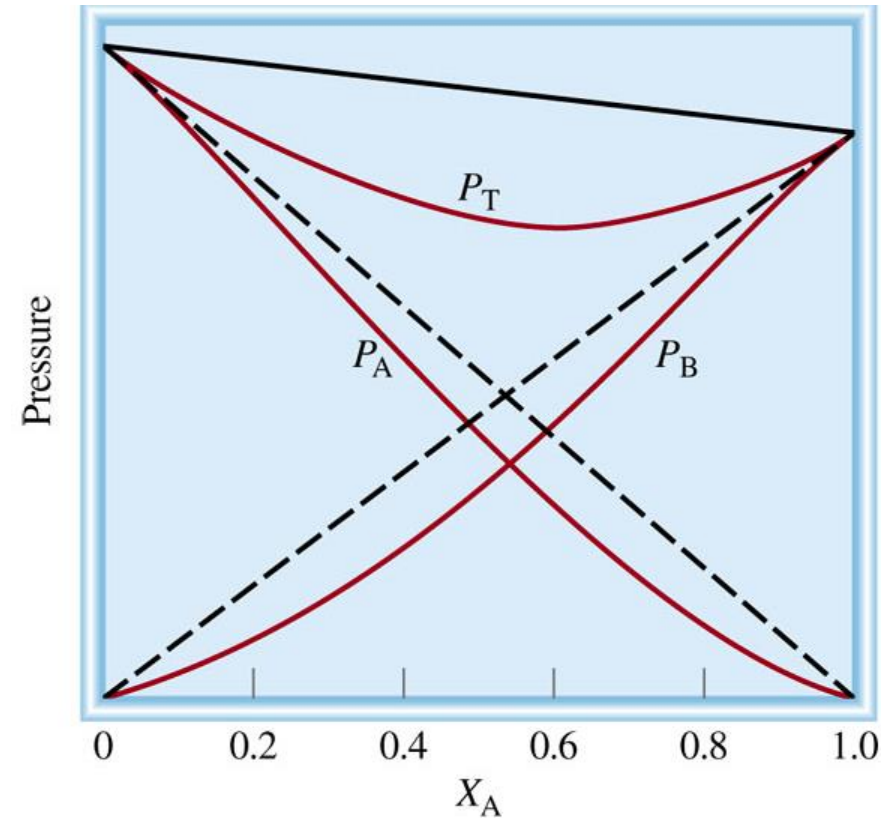
$$P_T = X_A P_A^0 + X_B P_B^0$$

P_T lebih besar dari yang diprediksi oleh hukum Raoult's



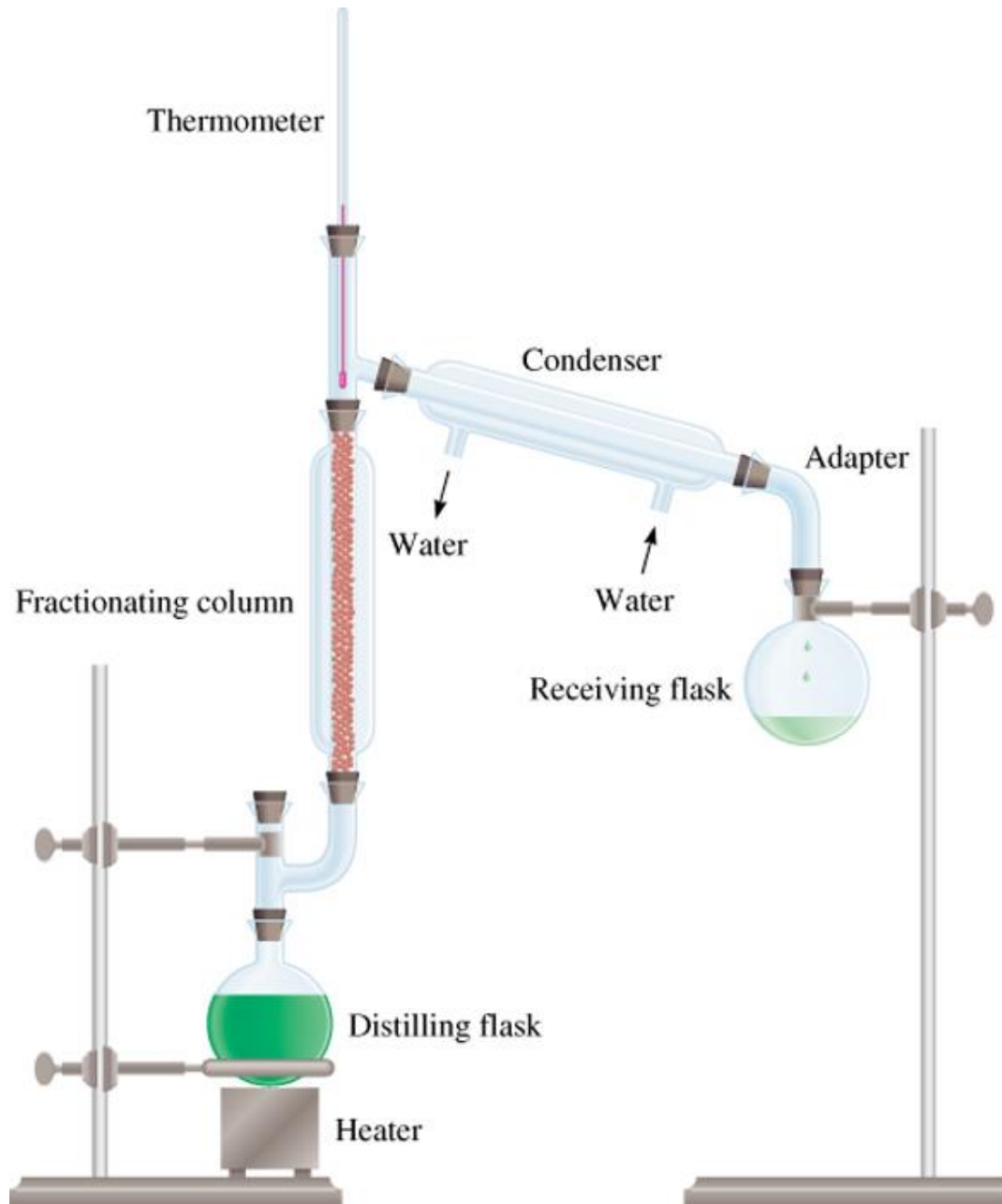
Gaya A-B < Gaya A-A & Gaya B-B

P_T lebih kecil dari yang diprediksi oleh hukum Raoult's

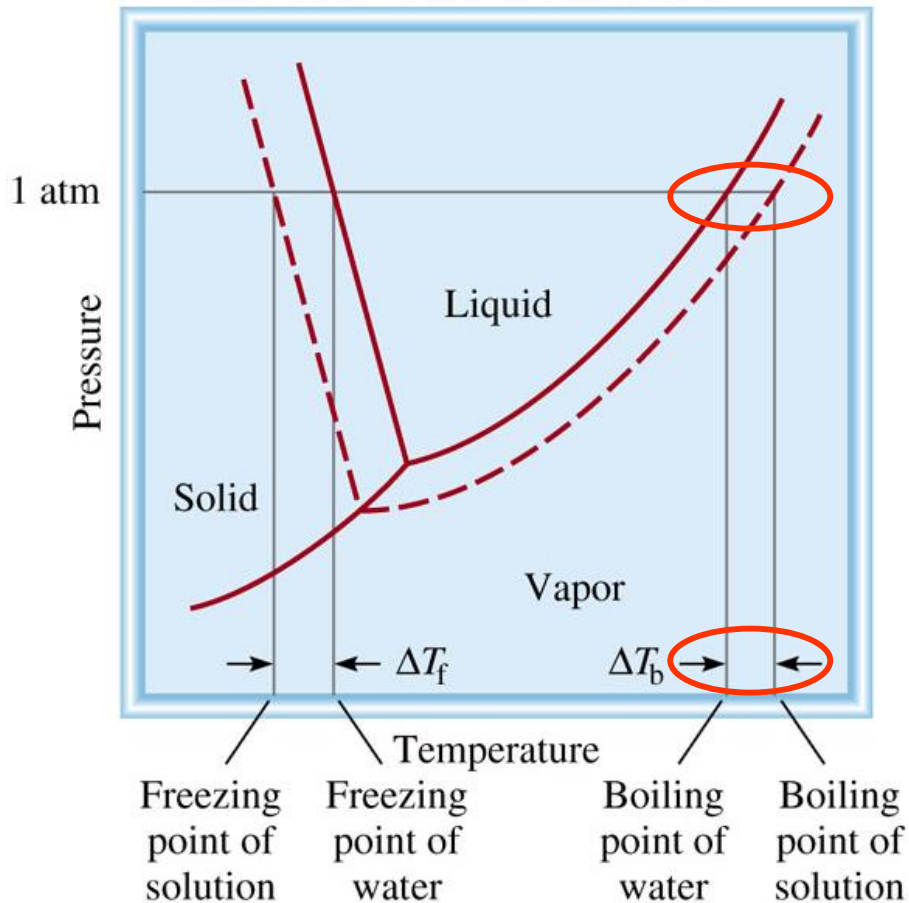


Gaya A-B > Gaya A-A & Gaya B-B

Peralatan Distilasi Fraksional



Kenaikan Titik Didih



$$\Delta T_b = T_b - T_b^0$$

T_b^0 adalah titik didih pelarut murni

T_b adalah titik didih larutan

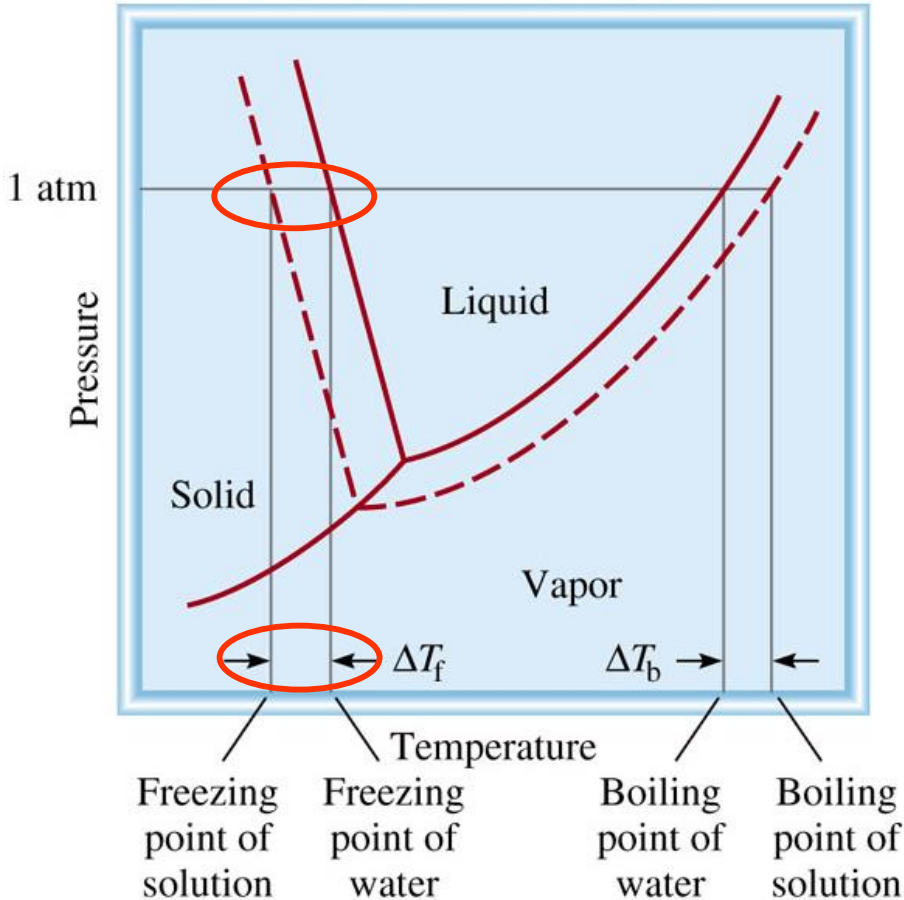
$$T_b > T_b^0 \quad \Delta T_b > 0$$

$$\Delta T_b = K_b m$$

m adalah molalitas larutan

K_b adalah konstanta kenaikan titik didih molal ($^{\circ}\text{C}/m$) untuk pelarut tertentu

Penurunan Titik Beku



$$\Delta T_f = T_f^0 - T_f$$

T_f^0 adalah titik beku pelarut murni

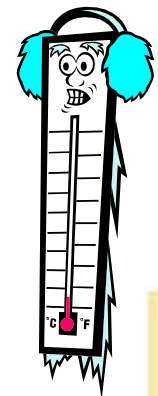
T_f adalah titik beku larutan

$$T_f^0 > T_f \quad \Delta T_f > 0$$

$$\Delta T_f = K_f m$$

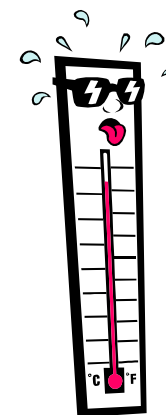
m adalah molalitas larutan

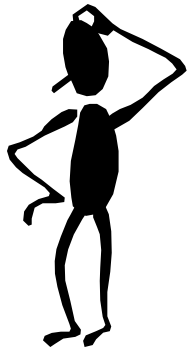
K_f adalah konstanta penurunan titik beku molal ($^{\circ}\text{C}/m$) untuk pelarut tertentu

**TABLE 12.2****Molal Boiling-Point Elevation and Freezing-Point Depression Constants of Several Common Liquids**

Solvent	Normal Freezing Point (°C)*	K_f (°C/m)	Normal Boiling Point (°C)*	K_b (°C/m)
Water	0	1.86	100	0.52
Benzene	5.5	5.12	80.1	2.53
Ethanol	-117.3	1.99	78.4	1.22
Acetic acid	16.6	3.90	117.9	2.93
Cyclohexane	6.6	20.0	80.7	2.79

*Measured at 1 atm.





Berapa titik beku suatu larutan yang mengandung 478 g etilen glikol (zat antibeku) dalam 3202 g air? Massa molar etilen glikol adalah 62,01 g.

$$\Delta T_f = K_f m \quad K_f \text{ air} = 1,86^\circ\text{C}/m$$

$$m = \frac{\text{mol zat terlarut}}{\text{massa pelarut (kg)}} = \frac{478 \text{ g} \times \frac{1 \text{ mol}}{62,01 \text{ g}}}{3,202 \text{ kg pelarut}} = 2,41 m$$

$$\Delta T_f = K_f m = 1,86^\circ\text{C}/m \times 2,41 m = 4,48^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_f = T_f^0 - T_f$$

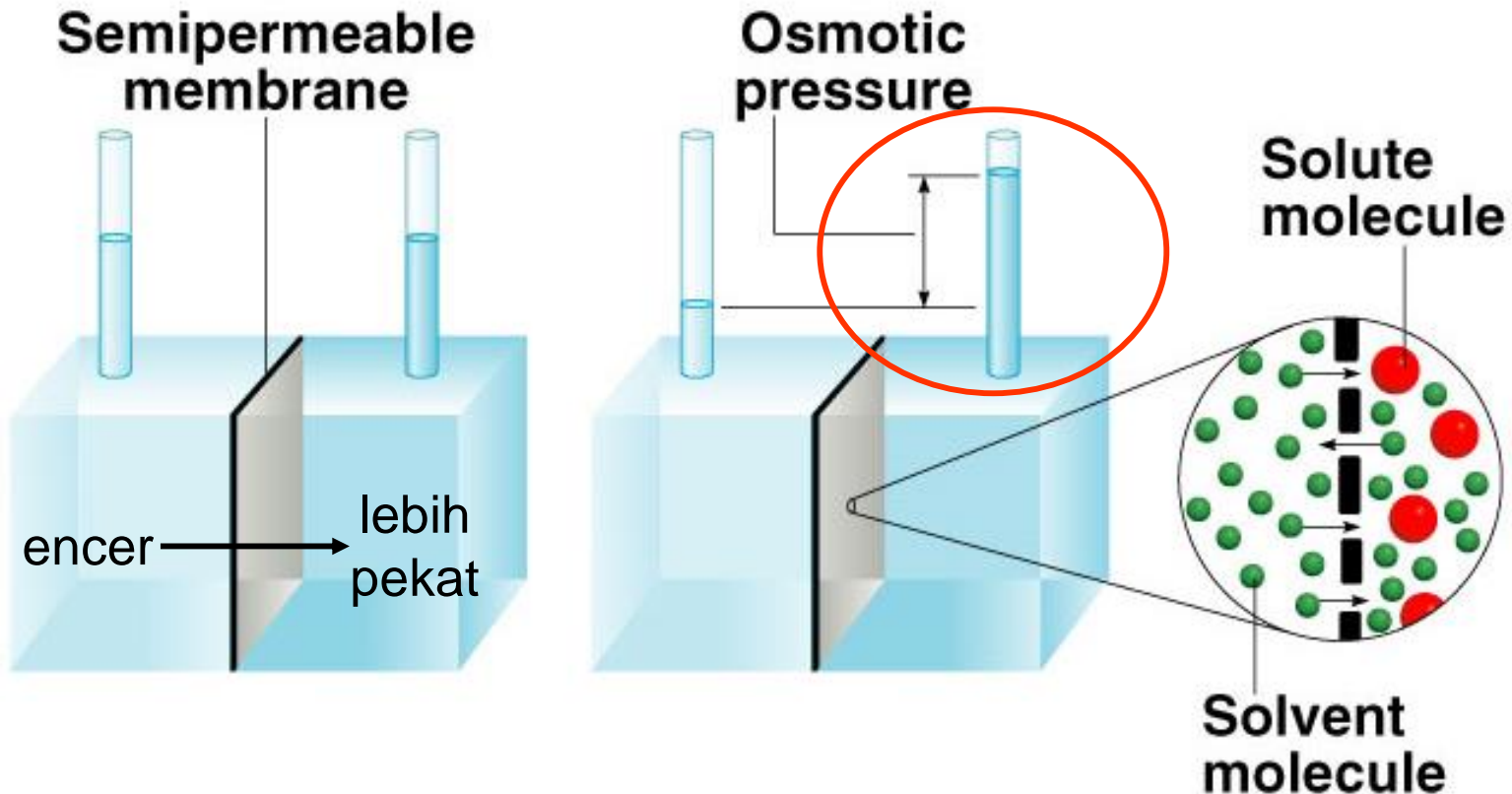
$$T_f = T_f^0 - \Delta T_f = 0,00^\circ\text{C} - 4,48^\circ\text{C} = -4,48^\circ\text{C}$$

Tekanan Osmotik (π)

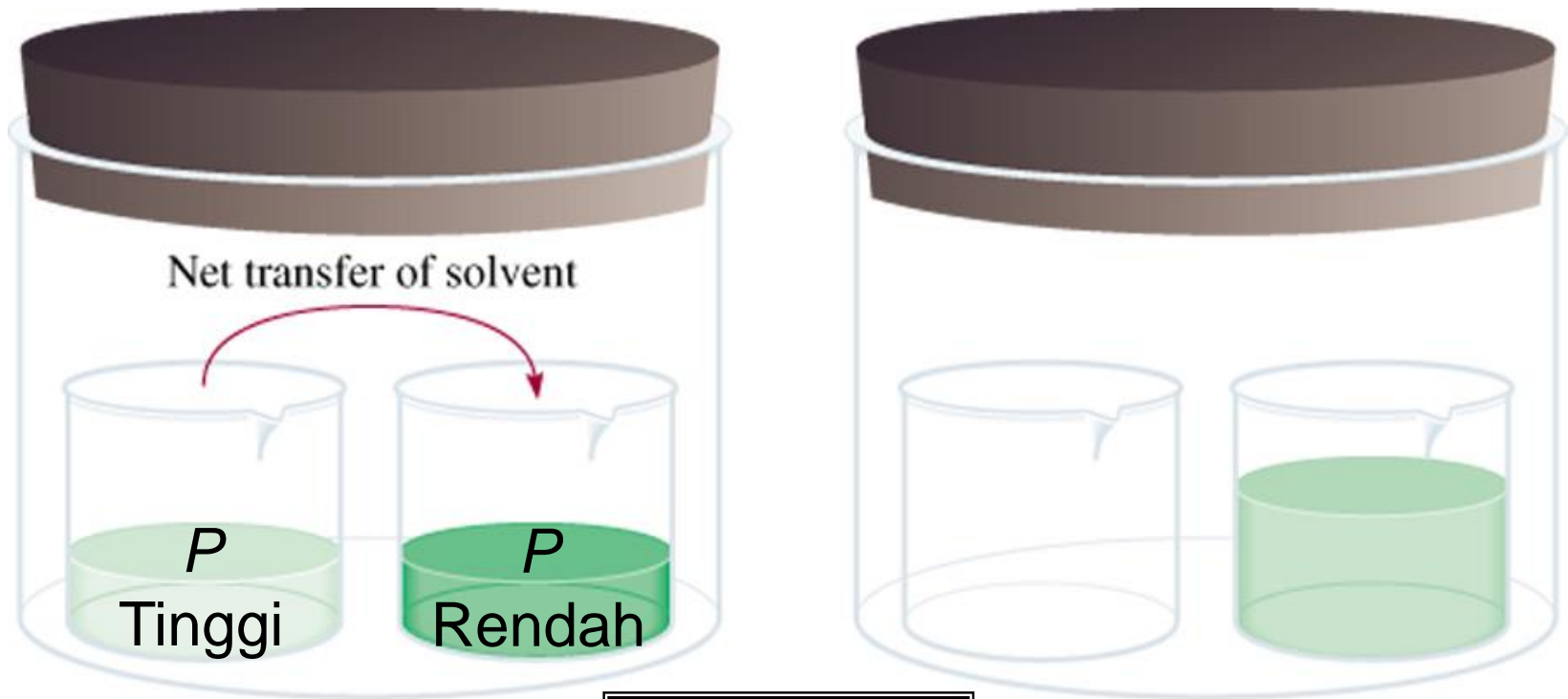
Osmosis adalah perpindahan selektif molekul pelarut melalui membran berpori dari larutan encer ke larutan yang lebih pekat.

Membran semipermeabel memungkinkan lewatnya molekul pelarut tetapi menghalangi lewatnya molekul zat terlarut.

Tekanan osmotik (π) adalah tekanan yang diperlukan untuk menghentikan osmosis.



Tekanan Osmotik (π)



$$\pi = MRT$$

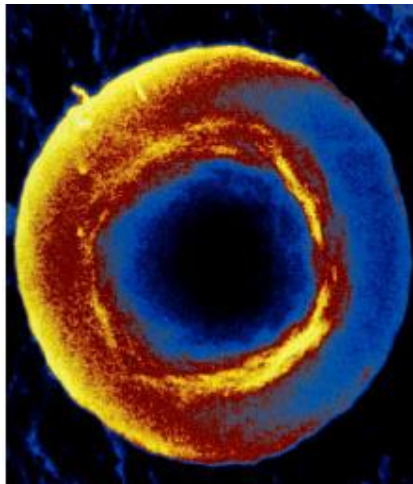
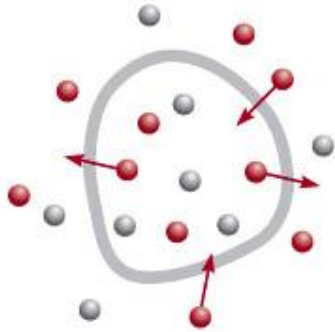
M adalah molaritas larutan

R adalah konstanta gas

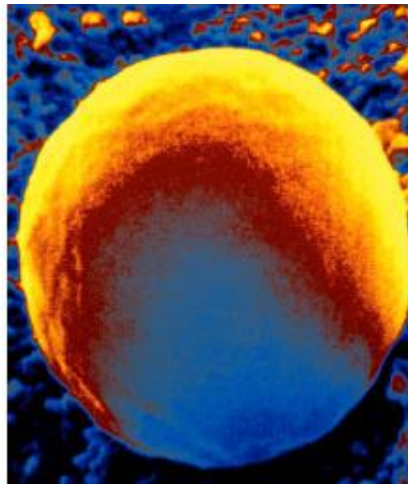
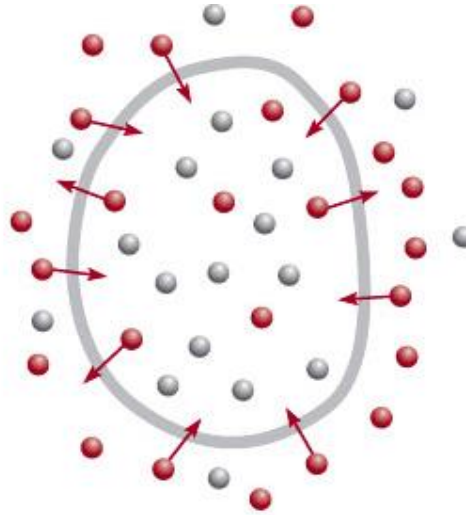
T adalah suhu (dalam K)

Sebuah sel dalam:

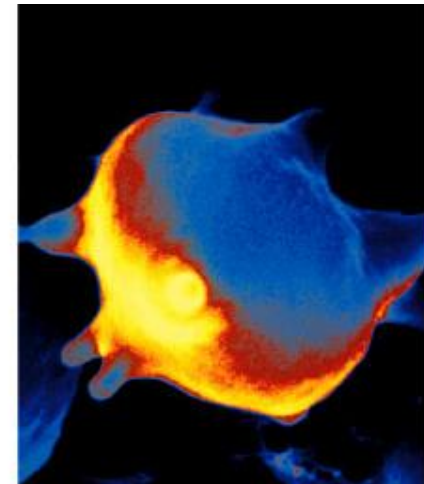
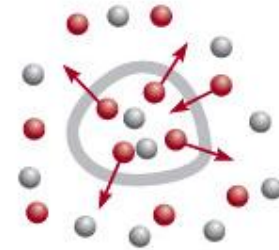
● Water molecules
● Solute molecules



larutan
isotonik



larutan
hipotonik



larutan
hipertonik

Kesimpulan:

Sifat-sifat Koligatif Larutan Nonelektrolit

Sifat koligatif adalah sifat yang hanya bergantung pada **jumlah** partikel zat terlarut dalam larutan dan tidak bergantung pada **sifat** partikel zat terlarut.

Penurunan Tekanan Uap

$$P_1 = X_1 P_1^0$$

Kenaikan Titik Didih

$$\Delta T_b = K_b m$$

Penurunan Titik Beku

$$\Delta T_f = K_f m$$

Tekanan Osmotik (π)

$$\pi = MRT$$

Sifat-sifat Koligatif Larutan Elektrolit

Larutan 0,1 m NaCl \longrightarrow ion-ion Na^+ 0,1 m & ion-ion 0,1 m Cl^-

Sifat koligatif adalah sifat yang hanya bergantung pada **jumlah** partikel zat terlarut dalam larutan dan tidak bergantung pada **sifat** partikel zat terlarut.

Larutan NaCl 0,1 m \longrightarrow ion-ion 0,2 m dalam larutan

Faktor van't Hoff (i) = $\frac{\text{jumlah partikel sebenarnya dalam larutan setelah disosiasi}}{\text{jumlah satuan rumus yang mula-mula terlarut dalam larutan}}$

	<u>i seharusnya</u>
nonelektrolit	1
NaCl	2
CaCl_2	3

Sifat-sifat Koligatif Larutan Elektrolit

Kenaikan Titik Didih

$$\Delta T_b = i K_b m$$

Penurunan Titik Beku

$$\Delta T_f = i K_f m$$

Tekanan Osmotik (π)

$$\pi = iMRT$$

TABLE 12.3

The van't Hoff Factor of 0.0500 M Electrolyte Solutions at 25°C

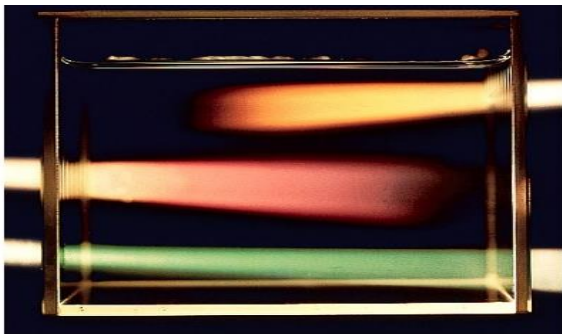
Electrolyte	i (Measured)	i (Calculated)
Sucrose*	1.0	1.0
HCl	1.9	2.0
NaCl	1.9	2.0
MgSO ₄	1.3	2.0
MgCl ₂	2.7	3.0
FeCl ₃	3.4	4.0

*Sucrose is a nonelectrolyte. It is listed here for comparison only.

Koloid adalah dispersi partikel-partikel suatu zat ke dalam medium pendispersi zat lain.

Koloid versus larutan

- Partikel-partikel kolodial jauh lebih besar dibandingkan molekul-molekul zat terlarut
- Suspensi kolodial tidak sehomogen larutan



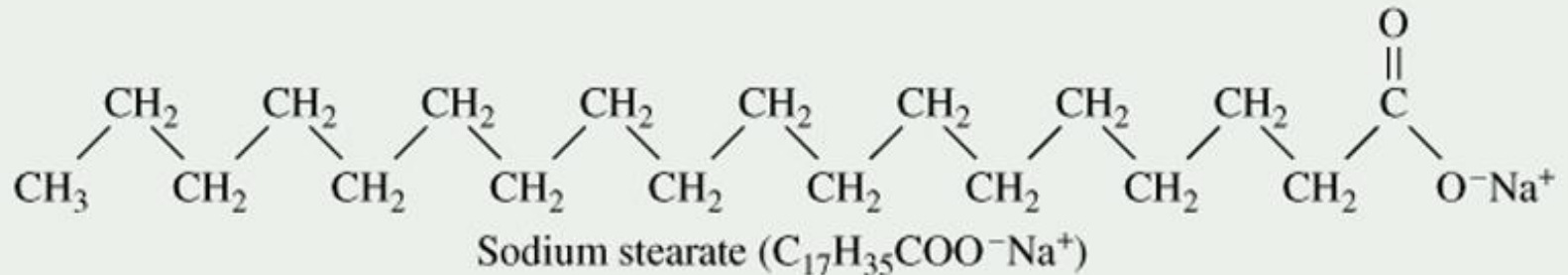
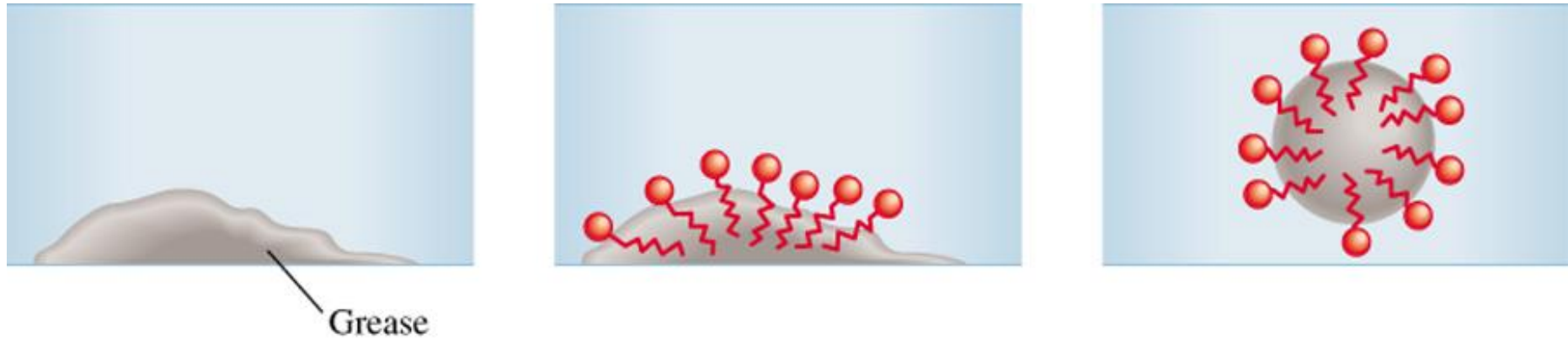
Tiga berkas cahaya putih, melewati partikel koloid berenang dalam air, berubah menjadi oranye, merah muda, dan hijau kebiruan. Warna yang dihasilkan tergantung pada ukuran partikel dan juga pada posisi penampil. Semakin kecil partikel terdispersi, semakin pendek (dan lebih biru) panjang gelombang.

TABEL 12.4

Jenis-Jenis Koloid

Medium Pendispersi	Fase Terdispersi	Nama	Contoh
Gas	Cairan	Aerosol	Kabut, kabut
Gas	Padatan	Aerosol	Merokok
Cairan	Gas	Busa/foam	Krim kocok/whipped
Cairan	Cairan	Emulsi	Mayonnaise
Cairan	Padatan	Sol	Susu magnesium
Padatan	Gas	Busa/foam	Busa plastik
Padatan	Cairan	Gel	Jelly, mentega
Padatan	Padatan	Sol padat	Paduan logam (baja), Batu permata (kaca yang terdispersi logam)

Aksi Pembersihan oleh Sabun



(a)

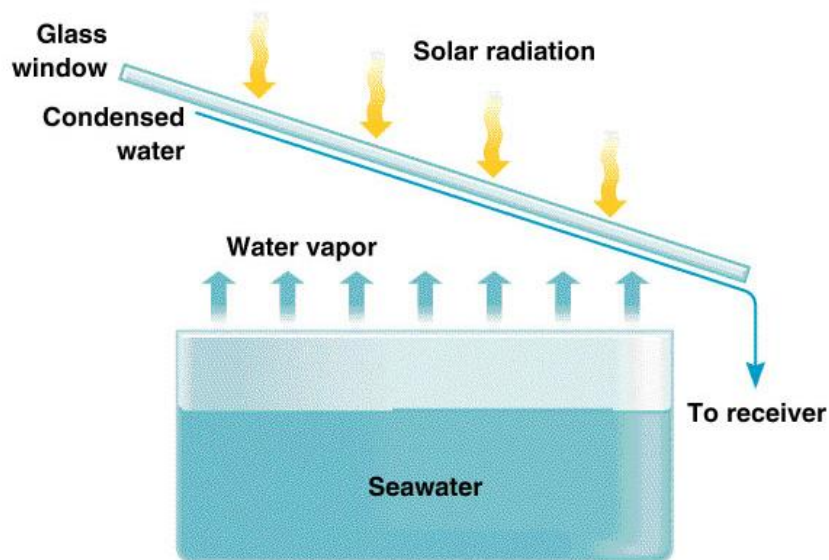


Kimia “*in Action*”: Desalinasi

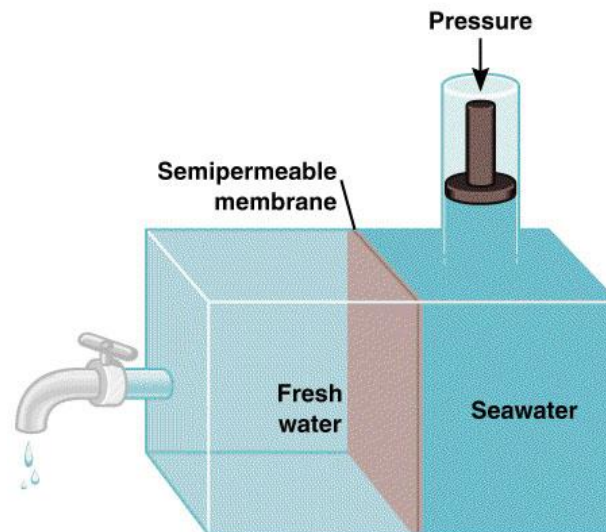
Composition of Seawater

Ions	g/kg of Seawater
Chloride (Cl^-)	19.35
Sodium (Na^+)	10.76
Sulfate (SO_4^{2-})	2.71
Magnesium (Mg^{2+})	1.29
Calcium (Ca^{2+})	0.41
Potassium (K^+)	0.39
Bicarbonate (HCO_3^-)	0.14

Solar Still for Desalinating Seawater



Reverse Osmosis





CHEMICAL *Mystery*

The Wrong Knife[†] Pisau yang Salah

Dr. Thomas Noguchi, koroner terkenal Los Angeles, sedang melakukan otopsi pada seorang pemuda berusia dua puluhan yang telah ditikam sampai mati. Seorang detektif pembunuhan Departemen Kepolisian Los Angeles memasuki ruangan, membawa tas cokelat yang berisi senjata mematikan itu. "Apakah kamu ingin melihatnya?" Dia bertanya.

"Tidak," kata Dr. Noguchi. "Saya akan memberitahukan *Anda* persis seperti apa kelihatannya."

Dr. Noguchi tidak pamer. Dia ingin mendemonstrasikan teknik forensik yang penting kepada residen patologi yang mengamati otopsi. Metode tradisional untuk mengukur pisau adalah dengan menuangkan barium sulfat (BaSO_4) larutan ke dalam luka dan sinar X. Dr. Noguchi berpikir dia telah menemukan cara yang lebih baik.

Dia menyalakan pembakar Bunsen kecil dan melelehkan beberapa logam Wood di atasnya sementara detektif dan penduduk mengawasi. (Logam kayu adalah paduan bismut, timbal, timah, dan kadmium yang memiliki titik leleh rendah 71°C .) Kemudian ia memilih luka di dada korban di atas lokasi hati dan menuangkan logam cair ke dalamnya. Logam meluncur turun melalui luka ke hati yang tertusuk. Ketika sudah dingin, dia melepaskan cetakan yang tepat dari ujung senjata pembunuh. Dia menambahkan panjang ujung ini dengan jarak antara hati dan permukaan kulit dada. Kemudian dia berkata kepada detektif pembunuhan, "Ini adalah pisau yang panjangnya lima setengah inci, lebar satu inci dan tebal seperenam belas inci."

Detektif itu tersenyum dan merogoh tasnya. "Maaf, Dr. Noguchi." Dia mengeluarkan pisau saku yang jauh lebih kecil, hanya sekitar tiga inci panjangnya.

"Itu pisau yang salah," kata Dr. Noguchi segera.

"Oh, sekarang, ayolah," kata detektif itu. "Kami menemukan pisau yang membunuhnya tepat di tempat kejadian."

"Anda tidak memiliki senjata pembunuh," Dr. Noguchi bersikeras.

Detektif itu tidak percaya padanya. Tapi dua hari kemudian polisi menemukan pisau berlumuran darah di tong sampah dua blok dari TKP. Senjata itu panjangnya tepat lima setengah inci, lebar satu inci, dan tebal seperenam belas inci. Dan darah di bilahnya cocok dengan darah korban.

Ternyata itu adalah senjata pembunuh. Pisau saku yang ditemukan polisi di tempat kejadian telah digunakan oleh korban untuk membela diri. Dan dua pisau menunjukkan adu pisau. Apakah itu bagian dari perang geng? Polisi menyelidiki dan menemukan bahwa korban adalah anggota geng yang berperang dengan geng lain. Dengan menginterogasi anggota geng saingan, mereka akhirnya mengidentifikasi si pembunuh.



[†]Adapted with the permission of Simon & Schuster from "Coroner," by Thomas T. Noguchi, M.D., Copyright 1984 by Thomas Noguchi and Joseph DiMona.