

Bab 11. Larutan dan Sifat Koligatif

- 13.1 Proses terjadinya larutan
Pembahasan mengenai larutan dimulai dengan mengamati apa yang terjadi pada tingkat molekular, kapan zat tersebut terlarut, mengamati hal-hal yang berhubungan dalam proses gaya intermolekular. Dua hal penting yang akan diamati ialah bagaimana perubahan energi yang terjadi dan bagaimana partikel terdistribusi sebagai hasil dari proses larutan.
- 13.2 Kejenuhan larutan dan kelarutan suatu zat
Kita akan melihat keseimbangan antara larut dan tidak larut dalam suatu larutan jenuh. Jumlah zat yang terlarut dalam larutan jenuh menggambarkan kelarutan zat tersebut sebagai tambahan kita dapat juga melihat bagaimana hubungan antara zat terlarut dan pelarut.
- 13.3 Faktor-faktor yang mempengaruhi kelarutan
Kita selanjutnya akan mengamati faktor-faktor yang mempengaruhi kelarutan. Sifat dasar dari zat terlarut dan pelarut menentukan jenis dari gaya intermolekular yang terjadi dan pengaruhnya terhadap kelarutan. Sebagian besar zat padat larut dalam pelarut air pada suhu yang lebih tinggi. Kelarutan gas akan semakin besar pada tekanan yang tinggi.
- 13.4 Hubungan konsentrasi dan larutan
Mengamati hubungan antara sifat fisik dari larutan dan konsentrasi. Dan beberapa cara untuk menghitung konsentrasi.
- 13.5 Sifat koligatif
Mengamati efek dari zat terlarut dalam larutan. Sifat fisik dari larutan hanya bergantung pada konsentrasi dan tidak bergantung pada sifat dasar dari penyusun larutan tersebut disebut dengan sifat koligatif. Sifat koligatif ini berhubungan dengan penurunan tekanan uap, kenaikan titik didih dan penurunan titik beku dalam larutan. Tekanan osmosis dalam larutan juga termasuk dalam sifat koligatif.
- 13.6 Koloid
Pembahasan mengenai larutan ini akan ditutup dengan pembahasan mengenai koloid. Pencampuran dimana ukuran partikel yang dicampurkan memiliki sifat dan besaran yang berbeda.

Saat kita berada di pantai dan di bawah hangatnya sinar matahari, tanpa kita sadari hal tersebut berhubungan langsung dengan ilmu kimia. Tetapi saat kita bernafas, berenang dan berjalan di pantai kita telah mengenal 3 bentuk unsur kimia yaitu, gas, cairan dan padatan. Sebagian besar pembahasan sebelumnya kita hanya menganggap semua itu berada dalam keadaan yang murni atau terdiri dari satu komponen. Akan tetapi pada kenyataannya pasir, air laut, udara, dsb, berada dalam keadaan campuran dan tidak murni. Dalam bab ini akan dibahas mengenai penentuan suatu campuran, akan tetapi akan dibatasi hanya dalam pencampuran homogen. Dalam bab sebelumnya kita telah mengetahui bahwa campuran homogen disebut juga dengan larutan. Ketika kita berbicara tentang larutan, maka yang tergambar oleh kita ialah suatu bentuk cairan, seperti garam di dalam air, atau seperti air laut di pantai. Perak murni yang banyak digunakan sebagian perhiasan merupakan suatu bentuk campuran homogen padatan. Campuran homogen dari 7% tembaga dan perak. Sejumlah campuran homogen secara tidak langsung ada di sekitar kehidupan kita. Baik itu berupa gas, padatan ataupun cairan. Sebagai contoh cairan yang mengalir di dalam darah kita merupakan bagian dari bentuk larutan yang mengandung nutrisi, garam dan materi lainnya.

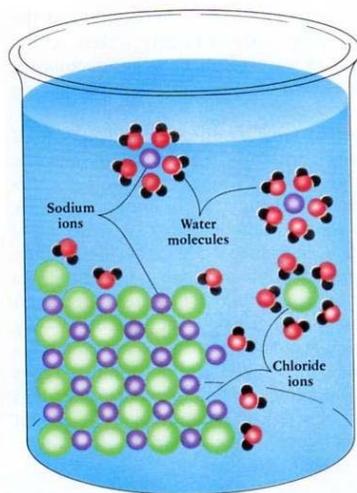
Setiap bagian dari larutan disebut dengan komponen larutan. Sebagai mana kita lihat di BAB 4, pelarut merupakan bagian terbesar dari sebuah larutan. Bagian

yang lain di sebut zat terlarut. Oleh karena larutan sebagian besar berada dalam bentuk larutan, maka dalam pembahasan ini akan di fokuskan pada larutan yang berbentuk cairan.

13.1 PROSES TERJADINYA LARUTAN

Larutan terbentuk saat suatu material terdispersi secara seragam dalam material lainnya. Seperti telah kita ketahui bahwa larutan bisa berbentuk gas, cair maupun padatan. Kemampuan suatu material dapat membentuk larutan tergantung pada 2 faktor yaitu, (1) tipe-tipe interaksi yang terjadi dalam proses pelarutan (2) kecendrungan penyebaran alami material dalam volume besar dan ketika tidak ada yang menahan atau mencegahnya. Kita akan memulai pembahasan ini dengan penjelasan mengenai interaksi molekular.

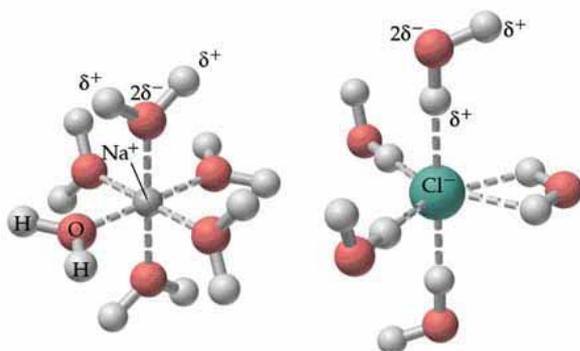
Efek dari interaksi intermolekular



Beberapa jenis dari interaksi gaya intermolekular yang telah di bahas dalam BAB 11 dapat digunakan dalam zat terlarut dan pelarut yang ada dalam larutan. Sebagai contoh, gaya momen dipol, dapat dicermati terjadi dalam larutan dimana molekul ion dapat larut dalam air. Disisi lain dapat diamati bagaimana gaya dispersi terjadi ketika suatu pelarut non polar seperti C_6H_{14} dapat melarutkan molekul nonpolar lainnya seperti CCl_4 . Maka, faktor utama dalam penentuan bagaimana larutan terbentuk yaitu dengan melihat kekuatan relatif gaya intermolekular antara zat terlarut dan pelarut yang ada dalam larutan. Sebagai

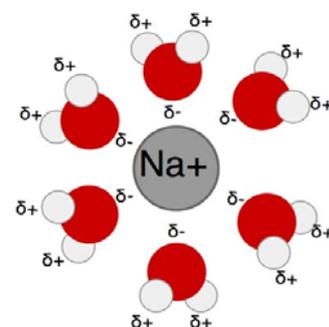
tambahan, bagaimana suatu larutan dapat larut dengan yang lainnya tergantung pada tingkatan relativ dari interaksi antara zat terlarut-zat terlarut, pelarut-zat terlarut dan pelarut-pelarut yang ada di dalam larutan.

Suatu larutan akan terbentuk apabila tingkatan daya tarik dari pelarut dan zat terlarut lebih besar dibandingkan dengan tingkatan daya tarik antara pelarut dengan pelarut atau zat terlarut dengan zat terlarut. Sebagai contoh, molekul ionik dari NaCl dapat larut dalam air karena interaksi antara molekul ion NaCl dengan molekul polar dari H_2O (interaksi antara zat terlarut-pelarut) lebih besar dibandingkan dengan interaksi antara sesama molekul ion NaCl (interaksi zat terlarut-zat terlarut) dan sesama molekul polar H_2O (interaksi pelarut-pelarut). Mari kita coba mengamati proses terjadi nya larutan nya, perhatikan beberapa bentuk interaksi yang terjadi. Ketika NaCl ditambahkan maka, molekul-molekul air akan menempatkan diri di



sekitar permukaan kristal NaCl. Ujung positif dari molekul air akan menarik molekul Cl^- dari NaCl dan ujung negatif dari molekul air akan berinteraksi (menarik) ion Na^+ . █

Setelah terpisah dari kristal NaCl maka ion Na^+ dan Cl^- diselubun



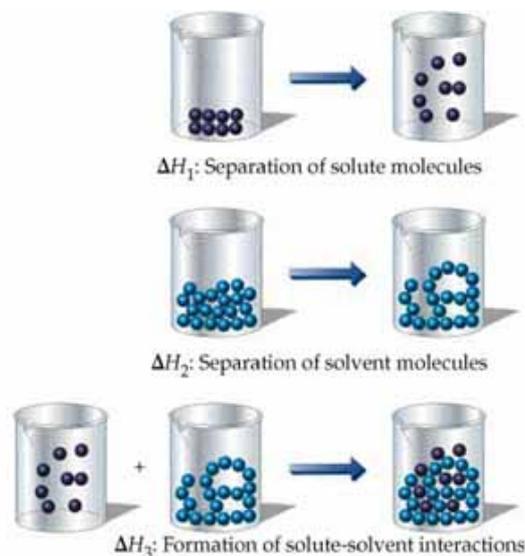
gi oleh molekul air. Dimana dalam BAB 4 sebelumnya kita ketahui bahwa proses interaksi molekul pelarut dan zat terlarut disebut dengan **tersolvasi**. Apabila pelarut yang digunakan adalah air maka disebut dengan **hidrasi**. Sebagai tambahan, interaksi antara pelarut-zat terlarut (interaksi antara molekul air dan ion Na^+ dan Cl^-) , zat terlarut-zat terlarut (antara sesama ion Na^+ dan Cl^-) , kita harus mengati pengaruh dari interaksi antara pelarut-pelarut(dalam hal ini terjadi interaksi ikatan hidrogen antara sesama molekul air). Dalam pembentukan larutan, molekul air harus memberikan ruang untuk menghidrasi molekul ion Na^+ dan Cl^- diantara molekul air tersebut.

Perubahan energi dan pembentukan larutan

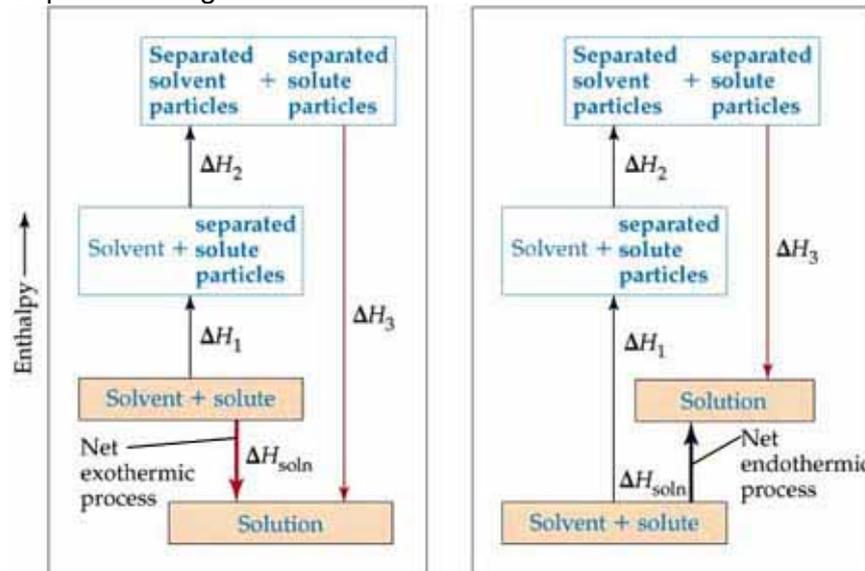
Kita dapat mengamati proses interaksi yang terjadi diantara molekul pelarut-pelarut, zat terlarut-pelarut, zat terlarut-zat terlarut dengan menghitung nilai perubahan energi yang terjadi. Mari kita lanjutkan pembahasan mengenai proses pelarutan NaCl di dalam air. Bagaimana energi dapat mengambil bagian dalam proses pelarutan.

Sebelum nya, kita telah mengetahui bahwa air dapat melarutkan kristal NaCl karena gaya tarik molekul air terhadap ion Na^+ dan Cl^- lebih kuat dibandingkan dengan gaya tarik sesama ion NaCl ataupun sesama molekul air. sebagai tambahan, kita juga mengetahui bahwa molekul air harus memberikan ruang untuk dapat mensolvasi ion NaCl. Berdasarkan penjelasan di atas, dapat kita simpulkan bahwa terdapat 3 jenis energi yang berkaitan dengan proses pelarutan, berkaitan dengan pemutusan ikatan antara zat terlarut-zat terlarut dan ikatan pelarut-pelarut serta pembentukan ikatan zat terlarut bersama pelarut. Entalpi keseluruhan dalam pelarutan, ΔH_{soln} , merupakan total dari ketiga bagian energi yang berkaitan dengan tiga proses tersebut :

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



Tanpa mempertimbangkan partikel penyusunnya, penyebaran partikel zat terlarut atau perubahan yang terjadi pada zat terlarut tersebut membutuhkan energi untuk memutuskan ikatan sesamanya, proses ini berlangsung secara endoterm dimana membutuhkan energi ($\Delta H_1 > 0$). Begitu pula dengan interaksi yang terjadi diantara molekul pelarut, dibutuhkan energi untuk memutuskan ikatan antara sesama molekul pelarut tersebut, proses ini juga membutuhkan energi ($\Delta H_2 > 0$). Komponen energi yang ketiga ialah energi yang berkaitan dengan pembentukan ikatan/interaksi baru antara molekul pelarut dan zat terlarut yang ada, proses ini berlangsung secara eksoterm dimana melepaskan energi ($\Delta H_3 < 0$)
 Seperti dalam gambar :



Total energi, ΔH_{soln} yang akan didapat bisa menghasilkan nilai positif ataupun negatif tergantung pada nilai relatif dari masing-masing penyusunnya. Oleh karena itu, energi untuk melarutkan dapat menjadi reaksi endoterm ataupun eksoterm. Sebagai contoh, ketika magnesium sulfat ($MgSO_4$) dilarutkan dalam air, hasil larutan yang di dapat menimbulkan larutan yang hangat ($\Delta H_{soln} = -91.2 \text{ kJ/mol}$). Sebaliknya, ketika ammonium nitrate (NH_4NO_3) dilarutkan dalam air maka akan didapati nilai $\Delta H_{soln} = 26.4 \text{ kJ/mol}$ dan reaksi endoterm. Kedua senyawa kimia tersebut digunakan sebagai alat medis dalam keperluan olahraga, $MgSO_4$ sebagai penghangat dan NH_4NO_3 sebagai pendingin.

Pada chapter 5, telah kita ketahui bahwa perubahan nilai entalpi yang terjadi dapat dijadikan sebagai informasi tentang bagaimana reaksi tersebut dapat berlangsung. Proses pelarutan yang eksoterm akan cenderung berlangsung spontan, sedangkan reaksi yang sangat endoterm sulit untuk melarutkan. Interaksi atau ikatan yang terjadi antara molekul zat terlarut dan pelarut diusahakan sekuat mungkin, hal ini bertujuan agar nilai dari ΔH_3 dapat mengimbangi ataupun melebihi nilai $\Delta H_1 + \Delta H_2$. Kenyataan ini berkaitan dengan alasan mengapa NaCl tidak dapat larut dalam pelarut non polar seperti minyak. Hal ini di karenakan molekul pelarut nonpolar hanya dapat mengalami interaksi yang lemah dengan molekul ion NaCl, dan interaksi ini memiliki energi yang lebih kecil dibandingkan dengan energi ikatan sesama ion NaCl.

Dengan alasan yang sama, pelarut polar sulit untuk melarutkan zat terlarut yang bersifat nonpolar seperti oktan (C_8H_{18}). Antara sesama molekul air memiliki energi ikat yang besar dikarenakan terdapat ikatan hidrogen yang terjadi. Interaksi antara air dan oktan harus memiliki energi yang lebih besar untuk dapat memutuskan ikatan hidrogen yang ada. Dan ternyata energi yang dihasilkan tidak cukup untuk

memutuskan ikatan antara sesama molekul air. Oleh karena itu, oktan sulit untuk larut di dalam pelarut polar seperti air.

PEMBENTUKAN LARUTAN, SPONTANITAS DAN ENTROPI

Ketika karbon tetraklorida (CCl_4) dan heksane (C_6H_{14}) di campurkan, maka akan larut sempurna. Kedua partikel penyusun nya ialah non polar. Dan kedua nya memiliki kesamaan titik didih (77°C untuk CCl_4 dan 69°C untuk C_6H_{14}). Hal ini lah yang menjadi alasan dimana berdasarkan kedekatan titik didih mereka, besaran dari gaya dispersi london yang terdapat diantara kedua penyusunnya dan energi dalam pelarutan nya berimbang. Ketika kedua penyusunnya dicampurkan, pelarutan berlangsung spontan. Dan proses ini tanpa melibatkan energi tambahan dari luar. Proses yang berlangsung spontan ini melibatkan 2 faktor. Hal pertama yaitu energi. Hal kedua yaitu kemampuan distribusi partikel dalam pelarut dengan volume besar. Kecendrungan alami dari pertikel tersebut untuk bercampur dan menyebar dalam volume yang besar.

Prinsip pertama dari suatu proses reaksi yang spontan dan petunjuk yang digunakan ialah *proses di mana terjadi penurunan energi dari sistem tersebut reaksi akan cenderung untuk berlangsung spontan*. Reaksi eksoterm cenderung untuk berlangsung spontan. Akan tetapi, beberapa reaksi spontan juga berlangsung dalam keadaan reaksi endoterm. Sebagai contoh, NH_4NO_3 dapat larut dalam air, dalam reaksi yang berlangsung endoterm. Dalam hal ini molekul dari NH_4NO_3 lebih dapat menyebarkan dan meningkatkan ketidakberaturan dalam sistem. Hal ini menyebabkan NH_4NO_3 dapat dengan mudah terurai menjadi ion NH_4^+ dan NO_3^- .

Pencampuran CCl_4 dan heksan C_6H_{14} dapat dijadikan sebagai contoh. Dimana 500 mL larutan CCl_4 kita letakkan dalam sebuah Beaker glass dengan dibatasi membran dan bersebelahan dengan 500 mL C_6H_{14} . Ketika membran tersebut diangkat, maka kedua larutan tersebut akan mencapai keseimbangan, dan kemudian larut membentuk larutan homogen dengan volume 1 liter.



(a)



(b)

Pembentukan larutan homogen tersebut telah meningkatkan tingkat penyebaran dan keberagaman, karena molekul penyusun tersebut telah berada dalam satu larutan dengan volume yang lebih besar dibandingkan dengan volume awalnya. Tingkat keberagaman dari sistem dapat diungkapkan sebagai suatu nilai ketidakberaturan dan dalam perhitungan termodinamika di sebut dengan nilai entropi. Contoh di atas menggambar prinsip dasar kedua yaitu *proses yang terjadi dalam temperatur yang konstan dan mengalami kenaikan tingkat ketidakberaturan nya (nilai entropi meningkat) akan cenderung berlangsung spontan*.

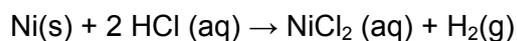
Apabila dua molekul dengan sifat yang berbeda dicampurkan dan nilai entropi nya naik, maka akan cenderung berlangsung spontan dan larut, kecuali apabila terdapat gaya intermolekular yang menghalangi proses pelarutan atau terdapat batasan fisik dari penyusunnya. Pada contoh kali ini, gaya intermolekular

dianggap lemah. Oleh karena besar energi ikatan antara natrium dan klorida dalam NaCl besar maka NaCl tidak larut spontan dalam pelarut minyak

Saat ini, perlu di catat bahwa proses pelarutan bergantung pada dua faktor yaitu entalpi dan entropi. Pada kenyataannya, larutan akan terbentuk kecuali apabila interaksi antara sesama zat terlarut ataupun pelarut lebih besar dibandingkan interaksi antara zat terlarut dengan pelarut nya.

Pembentukan larutan dan reaksi kimia

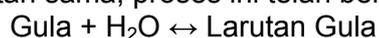
Dalam diskusi mengenai pembentukan larutan, kita perlu memperhatikan secara jelas proses fisik dari reaksi kimia yang terjadi pada pembentukan larutan tersebut. Sebagai contoh, logam nikel yang dilarutkan dalam asam klorida akan larut perlahan, seperti dalam persamaan reaksi berikut :



Dalam hal ini, Ni berubah menjadi NiCl_2 . Apabila larutan diuapkan, maka akan didapat hidrat dari $\text{NiCl}_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$, bukan Ni. Ketika NaCl di larutkan dalam pelarut air maka tidak ada reaksi kimia yang berlangsung. Apabila larutan NaCl diuapkan kembali maka akan didapat kristal NaCl. Pada pembahasan kali ini hanya fokus pada larutan yang terbentuk dari zat terlarut yang tidak berubah apabila dilarutkan.

Larutan Jenuh, kelarutan dan faktor yang menentukannya

Apabila suatu kristal gula diletakkan di dalam air, molekul-molekul memisahkan diri dari permukaan gula menuju ke dalam pelarut. Waktu gula itu mula-mula diletakkan di dalam air, laju pelarutan sangat cepat dibandingkan dengan laju pengkristalan-ulang. Makin lama, konsentrasi gula yang terlarut semakin besar dengan teratur, dan laju pengkristalan juga meningkat. Ketika laju pengkristalan dan pelarutan sama, proses ini telah berada dalam kondisi kesetimbangan.



Bila kedua proses ini berada dalam proses kesetimbangan larutan itu disebut jenuh.

Suatu larutan jenuh didefinisikan sebagai larutan yang mengandung zat terlarut dalam jumlah yang diperlukan untuk adanya keseimbangan antara zat terlarut yang larut dan yang tidak larut. Pembentukan larutan jenuh dipercepat dengan pengadukan yang kuat dan zat terlarut yang berlebih. Banyaknya zat terlarut yang melarut dalam pelarut yang banyaknya tertentu, untuk menghasilkan suatu larutan jenuh disebut **kelarutan**

Total dari zat terlarut yang diperlukan untuk membuat suatu larutan jenuh dalam besaran tertentu pelarut dan pada temperatur tertentu disebut dengan kelarutan. Sebagai contoh, kelarutan garam NaCl dalam air pada suhu 0°C ialah 35,7 gr per 1 mL air. Besaran tersebut merupakan jumlah maksimum dari garam NaCl yang dapat larut dan membentuk keseimbangan dalam larutan pada suhu tertentu.

Suatu **larutan tak jenuh(unsaturated)** kalah pekat (lebih encer) dibandingkan dengan suatu larutan jenuh. Sebagai contoh, dimana suatu larutan hanya terdiri dari 10 gr garam NaCl dalam 100 mL pelarut air pada suhu 0°C , hal ini dikarenakan larutan masih dapat melarutkan sejumlah zat terlarut. **suatu larutan lewat jenuh (supersaturated)** lebih pekat dibandingkan dengan suatu larutan jenuh. Suatu larutan lewat jenuh biasanya dibuat dengan membuat larutan jenuh pada temperatur yang lebih tinggi. Zat terlarut seharusnya lebih banyak larut dalam pelarut panas daripada dalam pelarut dingin. Jika tersisa zat terlarut yang belum larut, sisa itu disingkirkan. Larutan panas itu kemudian didinginkan dengan hati-hati untuk menghindari pengkristalan. Artinya, larutan tersebut tidak boleh diguncang atau digetarkan, debu ataupun material pengotor lainnya tidak boleh masuk dalam larutan tersebut. Jika tak ada zat terlarut yang memisahkan diri selama pendinginan, maka larutan dingin tersebut bersifat lewat jenuh. Sukrosa, natrium asetat dan natrium tiosulfat mudah membentuk larutan lewat jenuh bila diolah dengan cara ini.

Suatu larutan lewat jenuh adalah suatu sistem yang metastabil. Larutan ini dapat diubah menjadi larutan jenuh dengan menambahkan sebuah kristal "bibit" yang kecil (biasanya kristal zat terlarut, meskipun terkadang suatu zat asing dapat juga berhasil). Kristal tersebut merupakan suatu inti di sekitar mana zat terlarut berlebih yang larut dapat mengkristal.

Faktor-faktor yang mempengaruhi kelarutan

kelarutan suatu zat terlarut dalam pelarut tergantung kepada sifat alamiah dari kedua penyusun nya. Disamping itu bergantung pula dengan temperatur dan tekanan.

- Interaksi antara zat terlarut dan pelarut

Salah satu faktor yang menentukan kelarutan suatu zat terlarut ialah kemampuan ataupun kecendrungan partikel tersebut dapat terdispersi atau seberapa besar niali ketidakberaturan dari partikel tersebut di dalam pelarut. Di samping faktor itu, besar gaya relatif interaksi antara zat terlarut dan pelarut juga memberikan pengaruh yang besar dalam penentuan kelarutan. Seperti pada tabel di bawah,

Tabel. Kelarutan gas di dalam air pada suhu 20⁰ C dan tekanan 1 atm.

Gas	Kelarutan
N ₂	0.69 x 10 ⁻³
CO	1.04 x 10 ⁻³
O ₂	1.38 x 10 ⁻³
Ar	1.50 x 10 ⁻³
Kr	2.79 x 10 ⁻³

Berdasarkan data yang terdapat pada tabel, kita dapat mengetahui bahwa kelarutan beberapa gas di dalam air semakin meningkat seiring dengan bertambah besarnya berat molekul atau polaritasnya. Interaksi gaya tarik antara gas dan molekul pelarut merupakan gambaran dari interaksi gaya london yang terjadi, dimana interaksi tersebut akan semakin besar seiring dengan semakin besarnya ukuran dan massa suatu molekul. Secara umum, ketika faktor lain dianggap sama, gaya interaksi yang besar antara molekul zat terlarut dan pelarut akan memberikan kelarutan yang besar pula.

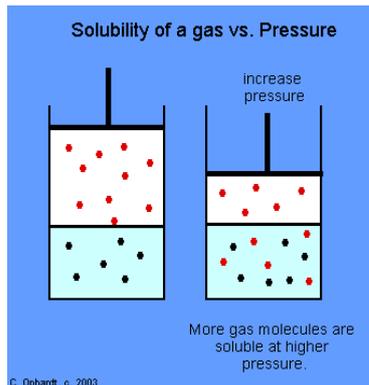
Oleh karena terdapat interaksi yang baik antara masing-masing momen dipole antara molekul zat telarut dan pelarut, *larutan yang bersifat polar cenderung melarut dalam pelarut polar juga*. Apabila senyawa polar tersebut dapat larut ke dalam air, maka senyawa tersebut akan cenderung larut di dalam pelarut air. Sebagai contoh, aseton yang memiliki kepolaran yang lumayan tinggi (pada ikatan C=O) serta memiliki elektron yang tidak berpasangan pada O akan membentuk ikatan hidrogen dengan molekul air, sehingga aseton akan larut sempurna di dalam air dalam berbagai komposisi.

Hidrokarbon sulit larut di dalam pelarut polar seperti air. Hidrokarbon bersifat non polar dikarenakan ikatan C-C bersifat non polar, ikatan C-H yang ada cenderung bersifat non polar dan bentuk molekul hidrokarbon yang simetri menyebabkan kurangnya interaksi gaya momen dipole yang terjadi dari ikatan C-H. Besar nya interaksi antara molekul air dan molekul hidorkarbon tidak cukup untuk membentuk sebuah larutan. Cairan yang bersifat nonpolar akan cenderung tidak larut dalam pelarut yang bersifat polar.

Tabel 13.3 kelarutan alkohol dalam di dalam air dan heksana

Alkohol	Kelarutan dalam air	Kelarutan dalam heksana
CH ₃ OH	Larut	0.12
CH ₃ CH ₂ OH	Larut	Larut
CH ₃ CH ₂ CH ₂ OH	Larut	Larut
CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₂ OH	0.11	Larut
CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₂ OH	0.030	Larut
CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₂ OH	0.0058	Larut

Alkohol memiliki ikatan OH dengan karbon yang menyebabkan alkohol memiliki kepolaran yang baik. Sehingga sebagian alkohol dapat larut dalam pelarut polar seperti air. Akan tetapi, dalam tabel di atas dapat kita lihat bahwa kelarutan alkohol di dalam pelarut polar (air) semakin menurun dengan meningkatnya jumlah atom karbon yang ada pada rantai hidrokarbon tersebut. Hal ini disebabkan oleh, semakin panjang atom karbon tersebut maka polar group dari senyawa tersebut semakin kecil, molekul cenderung lebih bersifat seperti hidrokarbon. Sebaliknya, berkebalikan dengan pelarut yang bersifat non-polar (heksana), semakin panjang rantai karbon tersebut maka akan semakin larut pula alkohol tersebut. Partikel yang memiliki gaya tarik intermolekular yang sama akan cenderung saling melarutkan, hal ini dikenal dengan istilah “ *like dissolves like*”.



- Efek tekanan pada kelarutan

Perubahan tekanan berpengaruh sedikit saja pada kelarutan, jika zat terlarut tersebut cairan atau padatan. Tetapi, dalam pembentukan larutan jenuh suatu gas dalam suatu cairan, tekanan gas memainkan bagian penting dalam menentukan berapa banyak gas itu melarut. *Bobot suatu gas yang melarut dalam sejumlah tertentu cairan berbanding lurus dengan tekanan yang dilakukan oleh gas itu, yang berada dalam kesetimbangan dengan larutan itu*, ini

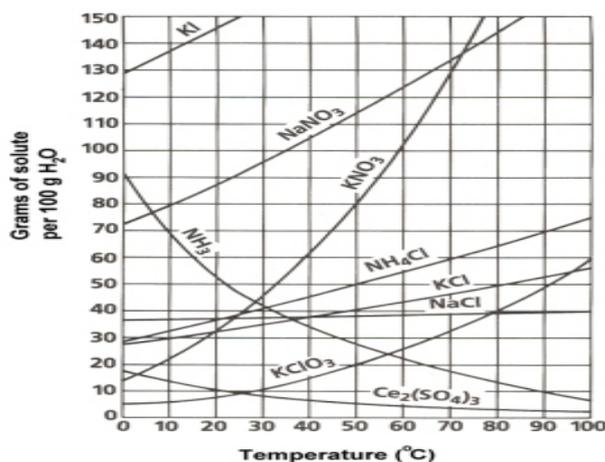
adalah Hukum Henry. Hukum Henry tidak berlaku untuk gas-gas yang bereaksi dengan pelarut, misalnya HCl atau NH₃ dalam air.

- Efek temperatur pada kelarutan

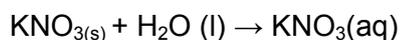
Dalam bagian ini akan dibahas efek temperatur pada dua tipe larutan yaitu : zat padat dilarutkan dalam cairan dan gas dilarutkan dalam cairan.

- Zat padat dalam cairan.

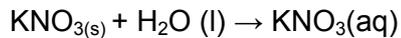
Kebanyakan zat padat menjadi lebih banyak larut ke dalam suatu cairan apabila temperatur dinaikkan. Namun terdapat beberapa zat padat yang kelarutannya menurun bila temperatur dinaikkan.



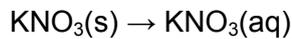
Sebagai contoh,



Proses pelarutan bersifat endoterm berarti kalor diserap ketika KNO_3 padat melarut ke dalam air. Untuk suatu larutan jenuh KNO_3 , keseimbangan berikut ini terjadi antara padatan yang tidak larut dan larutan :



Atau lebih sederhana,



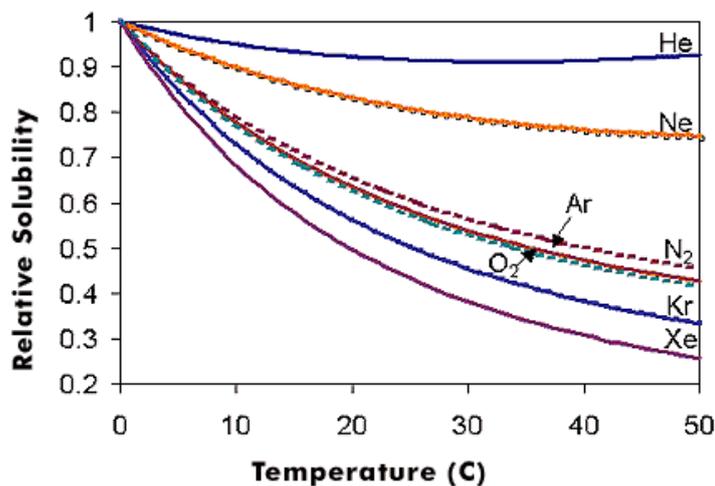
Proses pembentukan kristal (padat) dan air dari suatu larutan KNO_3 bersifat eksoterm. *Proses apa saja yang bersifat endoterm dalam satu arah adalah bersifat eksoterm dalam arah yang lain.*

Penafsiran kita didalam pengaruh perubahan temperatur ialah didasarkan pada **azas Le Chatelier**, yang dikemukakan oleh kimiawan Prancis Henry Louis Le Chatelier (1850-1936). *Bila dilakukan suatu paksaan pada suatu sistem kesetimbangan, sistem itu cenderung berubah sedemikian rupa untuk mengurangi akibat paksaan itu.*

Zat padat dapat dimurnikan dengan memanfaatkan beda kelarutan pada temperatur yang berlainan. Proses keseluruhan melarutkan zat terlarut dan mengkristalkannya kembali dikenal sebagai pengkristalan-ulang atau rekristalisasi. Metoda ini banyak digunakan untuk membuang pengotor dalam jumlah kecil dari dalam zat padat, karena pengotor tersebut cenderung untuk tinggal dilarutkan.

- Gas dalam cairan

Kelarutan suatu gas di dalam cairan biasanya cenderung menurun dengan naiknya temperatur. Carbon dioksida berbuih hebat di dalam minuman karbonat apabila dipanaskan.



Perhitungan konsentrasi Larutan

Sifat-sifat larutan, misalnya warna dari larutan zat warna atau manisnya gula, tergantung pada konsentrasi larutan. Ada beberapa cara untuk menyatakan konsentrasi:

1. Persen Massa, ppm and ppb

Salah satu cara untuk menghitung konsentrasi ialah dengan rumusan persen massa,

- **Persen massa (%massa)** = masa zat terlarut/ total massa larutan x 100 %

Sebagai contoh larutan HCl 36% berarti total 36 gr HCl terdapat dalam setiap 100 gr larutan.

Untuk larutan yang sangat encer, digunakan perhitungan dalam bentuk ppm(part per million).

- **ppm (10^6)** = massa zat terlarut/ massa total larutan x 10^6

Sebagai contoh, sebuah larutan dengan konsentrasi 1 ppm NaCl berarti terdapat 1 gr NaCl dalam 10^6 gram larutan atau 1 mg NaCl dalam setiap 1 kg larutan. Oleh karena berat jenis air mendekati 1 gr/mL, maka 1 kg larutan hampir setara dengan 1 L larutan. Oleh karena itu, 1 ppm dapat dikatakan sebanding dengan 1 mg zat terlarut dalam 1 L larutan.

Sebagai contoh, batas maksimum kandungan arsenik dalam minuman di Amerika Serikat yaitu 0.01 ppm, ini berarti 0.01 mg arsenik dalam setiap 1 L air. Maka nilai ini sebanding dengan 10 ppb.

2. Fraksi mol

- **fraksi mol(X)** = mol zat / mol total

sebagai contoh : sebuah larutan terdiri dari 1 mol HCl (36.5 gr) dan 8 mol air (144 gr), maka fraksi mol dari HCl ialah $X_{HCl} = (1 \text{ mol}) / (1 \text{ mol} + 8 \text{ mol}) = 0.111$
Total dari fraksi mol salam suatu larutan adalah 1.
Oleh karena itu,

$$1 = X_{HCl} + X_{H_2O}$$

Maka. $X_{H_2O} = 1 - 0.111 = 0.899$

Perhitungan dalam fraksi mol sangat berguna dalam perhitunga larutan gas. Akan tetapi kurang digunakan dalam perhitungan larutan dalam bentuk cairan.

3. Molaritas

ialah banyaknya mol zat terlarut dalam setiap liter larutan.

- **Molaritas (M)** = mol zat / volume larutan

Sebagai contoh, melarutkan 0.4 mol Na_2CO_3 dalam sejumlah pelarut dan membentuk 0.25 L larutan. Maka,
Molaritas larutan menjadi $M = 0.4 \text{ mol} / 0.25 \text{ L} = 2.00 \text{ M}$

4. Molalitas

ialah mol zat terlarut per kilogram pelarut.

- **Molalitas (m)** = mol zat / kg pelarut

Sebagai contoh, jika ingin melarutkan 0.2 mol NaOH dalam (500 gr) air. Maka, Molalitas (m) = $0.200 \text{ mol} / 0.500 \text{ kg} = 0.4 \text{ molal}$

Sifat Koligatif

Beberapa sifat fisis dari larutan berbeda dengan larutan dengan penyusun tunggal atau murni. Sebagai contoh, air membeku pada suhu 0°C akan tetapi larutan air dengan etilen glikol dapat membeku dibawah 0°C .

Penurunan nilai titik beku dan kenaikan dari titik didih sebuah larutan merupakan bagian dari sifat fisis larutan yang bergantung kuantitas dari zat terlarut akan tetapi tidak bergantung pada jenis atau macam dari partikel zat terlarut tersebut. Sifat ini disebut dengan sifat koligatif, dimana sifat koligatif bergantung pada efek dari jumlah zat terlarut yang ada. Terdapat beberapa bagian dari sifat koligatif yaitu,

1. penurunan titik beku
2. kenaikan titik didih
3. penurunan tekanan uap
4. osmosis

1. Penurunan Tekanan Uap (ΔP)

Seperti yang telah kita ketahui bahwa cairan akan membentuk keseimbangan dengan uapnya apabila diletakkan dalam medium yang tertutup. Setelah keseimbangan tercapai maka akan timbul tekanan uap. Zat yang tidak menguap disebut non-volatile dan zat yang menguap disebut volatile.

Apabila dalam suatu pelarut kita tambahkan molekul nonvolatile maka akan terjadi penurunan tekanan uap. Penurunan tekanan uap ini dapat dinyatakan dalam rumusan hukum Roul, t,

$$P_A = X_A P_A^{\circ}$$

Dimana P_A merupakan tekanan uap pastial yang diberikan zat nonvolatile tersebut, P_A° merupakan tekanan uap murni pelarut, X_A merupakan fraksi mol dari pelarut.

Sebagai contoh, tekanan uap 17.5 torr pada suhu 20°C . (suhu dianggap tetap), penambahan glukosa ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) didapat $X_{\text{H}_2\text{O}} = 0.8$ dan $X_{\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6} = 0.2$.

$$P_{\text{H}_2\text{O}} = (0.8) \times (17.5 \text{ torr}) = 14 \text{ torr}$$

Dengan demikian terjadi penurunan tekanan uap sebesar :

$$17.5 \text{ torr} - 14 \text{ torr} = 3.5 \text{ torr}$$

Berdasarkan hukum Roul, t, ketika kita meningkatkan nilai fraksi mol dari zat nonvolatil dalam larutan maka akan terjadi penurunan tekanan uap larutan. Akan tetapi, pada kenyataannya penurunan tekanan uap terjadi bergantung pada total dari konsentrasi zat terlarut. Tanpa memperhatikan apakah zat terlarut berbentuk ion atau molekul. Hal yang penting untuk diingat bahwa sifat koligatif hanya bergantung pada total jumlah dari zat terlarut, tidak bergantung pada jenis dari zat terlarut tersebut.

Beberapa larutan tidak mengikuti hukum Roul, t, larutan ini merupakan larutan yang tidak ideal. Jika gaya intermolekular antara pelarut dengan zat terlarut lebih lemah dibandingkan dengan gaya intermolekular antara pelarut-pelarut dan zat terlarut-zat terlarut. Maka tekanan uap akan menjadi lebih besar dibandingkan dengan perhitungan berdasarkan Hukum Roul, t. Dan

apabila gaya intermolekular antara zat terlarut dengan pelarut besar, terjadi ikatan hidrogen, maka nilai tekanan uap dari larutan akan lebih kecil dibandingkan dengan perhitungan Hukum Roul't.

2. Kenaikan Titik Didih dan Penurunan Titik Beku

Pada penjelasan sebelumnya telah diketahui bahwa penambahan zat nonvolatile akan menyebabkan terjadinya penurunan tekanan uap larutan. Penurunan tekanan jenuh larutan ini akan berkaitan dengan kenaikan titik didih dan penurunan titik beku larutan.

Kenaikan titik didih larutan terjadi karena pada saat tekanan 1 atm pelarut murni (air) akan menguap pada suhu 100°C akan tetapi dikarenakan pengaruh dari sejumlah zat terlarut yang ada. Maka pada suhu 100°C tersebut tekanan uap larutan belum mencapai 1 atm karena terjadi penurunan tekanan uap larutan(seperti dalam diagram).

Penurunan titik beku terjadi karena pada saat larutan membeku, zat terlarut akan menyebar keluar, hal ini dikarenakan zat terlarut tidak cenderung untuk membentuk padatan dengan pelarut.

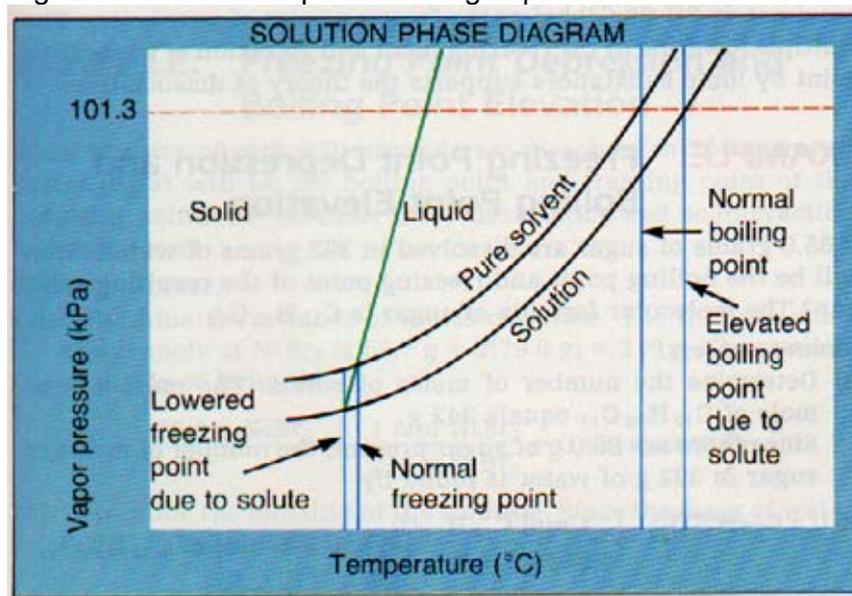


FIGURE 22-3. The addition of solute particles lowers the vapor pressure of a solvent and causes it to freeze at a lower temperature and boil at a temperature higher than normal.

Kenaikan titik didih dapat dihitung dengan cara:

$$\Delta T_b = K_b \cdot m \cdot i$$

ΔT_b = kenaikan titik didih yang terjadi

K_b = konstanta kenaikan titik didih

m = molalitas

i = faktor van't hof

1. non elektrolit $i = 1 (\alpha = 0)$

2. elektrolit lemah $i = \{ 1 + (n+1)\alpha \}$ ($\alpha \neq 0, 0 < \alpha < 1$)

3. elektrolit kuat $i = n (\alpha = 1)$

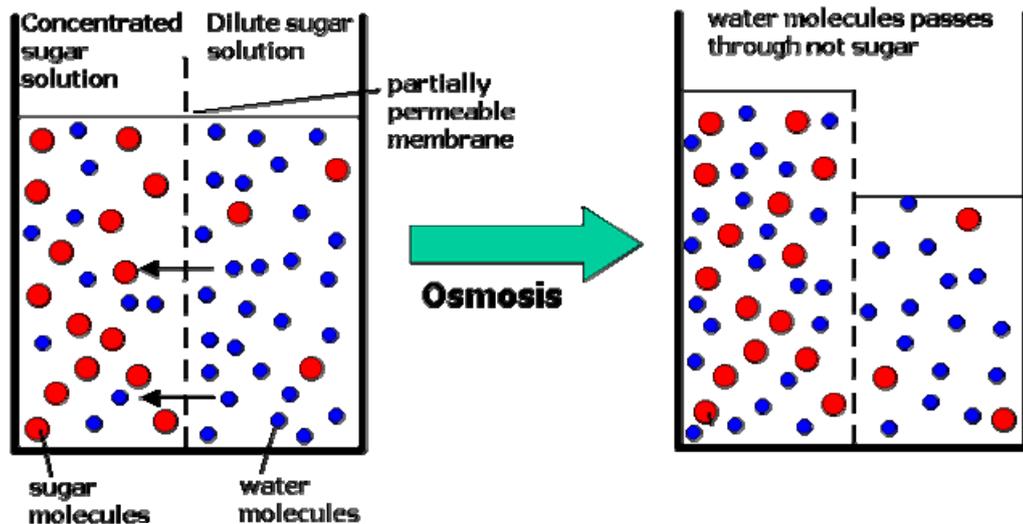
Penurunan titik Beku dapat dihitung dengan cara:

$$\Delta T_f = K_f \cdot m \cdot i$$

ΔT_f = penurunan titik beku
 K_f = konstantan penurunan titik beku
 m = molalitas
 i = faktor van't Hoff

3. Osmosis

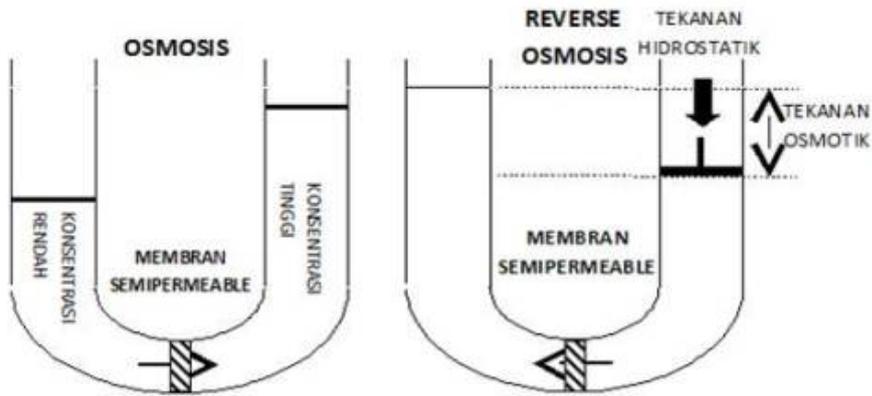
Suatu membran (selaput) yang memungkinkan kanlewatnya hanya jenis-jenis tertentu molekul disebut **membran semipemiable**. Perhatikan dua larutan yang dipisahkan oleh seutu membran semipermeable, yang hanya dapat ditembus oleh molekul air. Air akan menembus selaput itu dari larutan encer ke larutan pekat dengan lebih cepat daripada larutan sebaliknya. Aliran zat cair ini yang cenderung menyamakan konsentrasi air pada kedua belah pihak dari selaput, disebut **osmosis**.



Tekanan Osmosis

Tekanan osmosis didefinisikan sebagai tekanan yang harus digunakan kepada suatu larutan untuk menghindari transfer netto dari pelarut murni (pada tekanan 1 atm) ke dalam larutan itu lewat selaput membran semipermeable.

Tekanan yang diperlukan untuk menjaga agar volume larutan konstan adalah tekanan osmosis dan dapat dibaca dalam alat ukur. Larutan yang memiliki tekanan osmosis yang sama disebut dengan larutan isotonik.



Ilustrasi Proses Osmosis dan Reverse Osmosis

Untuk larutan encer, tekanan osmosis berbanding lurus dengan konsentrasi zat terlarut dan dapat dihitung dengan persamaan :

$$\mu = M \cdot R \cdot T \cdot i$$

μ = tekanan osmosis (dalam atm)

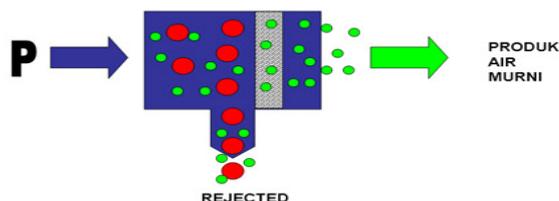
M = Molaritas (mol/L^{-1})

R = tetapan gas ideal ($0.08205 \text{ L} \cdot \text{atm} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)

T = suhu (K)

Jika tekanan mekanis pada suatu larutan melebihi tekanan osmosis, pelarut murni akan terperas ke luar dari suatu larutan lewat suatu membran semipermeable. Proses ini disebut dengan osmosis terbalik(reverse osmosis) dan merupakan salah satu cara untuk memulihkan pelarut murni dari dalam suatu larutan. Dua penerapan yang mengandung harapan yaitu pemulihan air murni dari limbah industri dan menawarkan air laut.

REVERSE OSMOSIS



Koloid

Sebelum memulai pembahasan mengenai sistem koloid, akan dibahas lebih dahulu sistem dispersi. Sistem dispersi adalah pencampuran secara nyata antara dua zat atau lebih dimana zat yang jumlahnya lebih sedikit disebut fase terdispersi dan zat yang jumlahnya lebih banyak disebut dengan medium pendispersi.

Sebagai contoh, campuran antara air dan gula dinamakan larutan sejati atau dispersi molekular, yaitu suatu campuran homogen yang stabil, dimana molekulmolekul zat terlarut terbagi merata dalam molekul pelarut. contoh yang lain ialah larutan cuka, air luka dan larutan alkohol dalam air. Campuran air dan susu dinamakan koloid, yaitu campuran yang terletak antara campuran homogen dan campuran heterogen. Contohnya ialah asap, kabut, tinta, cat, dan mentega. Campuran antara air dan pasir disebut suspensi kasar., yaitu campuran heterogen

yang apabila di aduk mengendap. Contoh lainnya ialah, tepung beras dan air, campuran kopi dalam air, campuran lumpur dalam air.

1. Pengertian koloid

Koloid adalah suatu suspensi partikel-partikel kecil yang mempunyai ukuran tertentu dalam suatu medium kontinyu.

2. Macam-macam Sistem dispersi

Berdasarkan perbedaan ukuran zat yang didispersikan, sistem dispersi dapat dibedakan menjadi:

- Dispersi kasar (*suspensi*) adalah partikel-partikel zat yang didispersikan lebih besar daripada 100 milimikron.
- Dispersi halus adalah partikel-partikel zat yang didispersikan berukuran antara 1 sampai dengan 100 milimikron.
- Dispersi molekular (*larutan sejati*) adalah partikel-partikel zat yang didispersikan lebih kecil daripada 1 milimikron.

Tabel Perbedaan antara larutan, koloid, dan suspensi.

Aspek yang dibedakan	Sistem Dispersi		
	Larutan Sejati	Koloid	Suspensi
Bentuk campuran	Homogen	Homogen	Heterogen
Bentuk dispersi	Dispersi molekul	Dispersi padatan	Dispersi padatan
Penulisan	$X_{(aq)}$	$X_{(s)}$	$X_{(s)}$
Ukuran Partikel	< 1 nm	1 nm – 100 nm	>100 nm
Fasa	Tetap homogen	Heterogen	Heterogen
Penyaringan	Tidak dapat disaring dengan kertas saring maupun saringan permeable	Tidak dapat disaring dengan kertas saring biasa, tapi dapat disaring dengan saringan permeable	Dapat disaring dengan kertas saring biasa
Pemeriksaan	Tidak dapat diamati dengan microscope biasa, tapi diamati dengan microscope elektron	Dapat diamati dengan microscope ultra.	Dapat diamati dengan microscope biasa.

3. Klasifikasi Sistem Dispersi Koloid

Dalam sistem koloid, fase dispersi dan medium pendispersi dapat berupa zat padat, zat cair, atau gas.

Berdasarkan hubungan antara fase dispersi dengan medium dispersi, macam sistem koloid dapat dibagi menjadi:

No.	Fase terdispersi	Fase Pendispersi	Nama sistem koloid	Contoh sistem koloid
1.	Cair	Gas	Aerosol cair	Kabut, awan
2.	Cair	Cair	Emulsi	Air susu, santan
3.	Cair	Padat	Emulsi	Jelly, mutiara, keju
4.	Padat	Gas	Aerosol padat	Asap, Debu di udara
5.	Padat	Cair	Sol	Cat, Tinta, kanji
6.	Padat	Padat	Sol padat	Kaca berwarna, intan hitam
7.	Gas	Cair	Busa, buih	Buih sabun, krim krim kocok
8.	Gas	Padat	Busa padat	Batu apung, karet busa

a. Aerosol

Aerosol adalah sistem koloid dari partikel padat atau cair yang terdispersi dalam gas. Jika zat yang terdispersi berupa zat padat disebut *aerosol padat*. Sedangkan jika zat yang terdispersi berupa zat cair disebut *aerosol cair*.

Contoh aerosol padat: asap dan debu dalam udara

Contoh aerosol cair: kabut dan awan

b. Sol

Sol adalah sistem koloid dari partikel padat atau cair yang terdispersi dalam zat cair

Contoh sol: air sungai adalah sol dari lempung (tanah liat) dalam air, sol sabun, sol detergen, sol kanji, tinta tulis, dan cat.

c. Emulsi

Emulsi adalah sistem koloid dari zat cair yang terdispersi dalam zat cair lain.

Ada dua macam emulsi, yaitu:

- a) Emulsi minyak dalam air (M/A); contohnya santan, susu, dan lateks.
- b) Emulsi air dalam minyak (A/M); contohnya mayonnaise, minyak bumi, dan minyak ikan.

d. Buih

Buih adalah sistem koloid dari gas yang terdispersi dalam zat cair. Contohnya buih sabun.

e. Gel

Gel adalah koloid yang setengah kaku (antara padat dan cair). Contohnya agar-agar, lem kanji, selei, gelatin, gel, sabun, dan gel silika.

4. Sifat-sifat koloid

Beberapa sifat-sifat koloid yang khas, yaitu:

a. Efek Tyndall

Efek Tyndall adalah suatu efek penghamburan berkas sinar oleh partikel-partikel yang terdapat dalam sistem koloid, sehingga jalannya berkas sinar terlihat.

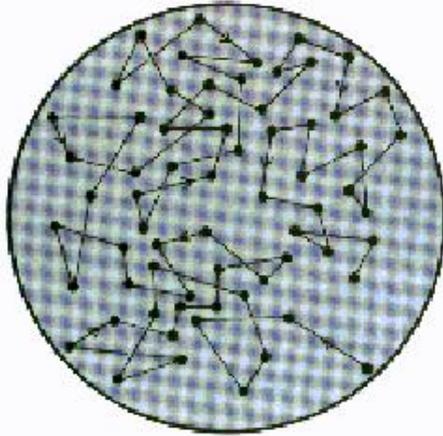
Efek tyndall dapat digunakan untuk membedakan dispersi koloid dan suatu larutan biasa, karena atom, molekul kecil ataupun ion yang berada dalam suatu larutan tidak menghamburkan cahaya secara jelas. Penghamburan cahaya tyndall dapat menjelaskan buramnya dispersi koloid.

b. Gerak Brown

Gerak Brown adalah gerakan terputah-terputah (gerak zig-zag) yang terus-menerus dalam sistem koloid.

Jika suatu mikroskop optis difokuskan pada suatu dispersi koloid pada arah yang tegal lurus pada berkas cahaya dan dengan latar belakang gelap, akan terlihat partikel-partikel koloid, bukan sebagai partikel dengan batas yang jelas, melainkan sebagai bintik berkilauan. Dengan mengikuti bintik-bintik cahaya yang dipantulkan ini, orang dapat melihat bahwa partikel koloid yang terdispersi ini bergerak terus-menerus secara acak menurut jalan yang berliku-liku.

Gambaran Gerak Brown yang terjadi.



c. Diffusi dan Filtrasi

Partikel koloid lebih sulit berdifusi bila dibandingkan dengan larutan sejati. Hal ini disebabkan ukuran partikel koloid lebih besar dibandingkan dengan partikel larutan sejati. Selain itu ukuran partikel koloid juga menyebabkan partikel koloid tidak dapat disaring dengan kertas biasa, tetapi harus dengan penyaring ultra.

Adsorpsi

Adsorpsi adalah proses penyerapan zat/partikel/molekul pada permukaan diri zat tersebut sehingga koloid akan memiliki muatan listrik. Antara partikel koloid dengan ion-ion yang diadsorpsi akan membentuk beberapa lapisan, yaitu:

d) *Lapisan pertama* ialah lapisan inti yang bersifat netral, terdiri atas partikel koloid netral.

e) *Lapisan ion* dalam ialah lapisan ion-ion yang diadsorpsi oleh koloid.

f) *Lapisan ion luar*

d Kesetabilan koloid

Kesetabilan koloid ditentukan oleh muatan listrik yang dikandung partikel koloid. Muatan listrik dapat dilucuti, misalnya dengan penambahan zat yang bersifat elektrolit, akibatnya akan terjadi penggumpalan koloid atau pengendapan koloid

e Elektroforesis

Elektroforesis adalah peristiwa pemisahan koloid yang bermuatan. Partikel-partikel koloid yang bermuatan dengan bantuan arus listrik akan mengalir ke masing-masing elektroda yang bermuatannya berlawanan. Partikel yang bermuatan positif bergerak menuju ke elektroda positif.

f. Koloid Pelindung

Koloid pelindung adalah koloid yang dapat melindungi koloid dari proses koagulasi atau penggumpalan. Ada beberapa koloid pelindung yang digunakan pada emulsi, misalnya casein dalam susu. Jenis koloid ini disebut *emuglatol*.

g. Dialisis

Dialisis adalah proses penyaringan koloid dengan menggunakan kertas perkamen atau membran yang diletakan di dalam air yang mengalir

h. Koloid Liofil dan koloid Liofob

Umumnya terjadi pada koloid yang fase terdispersinya padatan dan mediumnya cairan atau berupa sol, sehingga lebih dikenal sebagai *sol liofil* atau *sol liofob*.

Sol liofil adalah sol di mana fase terdispersinya senang akan medium pendispersinya (senang akan cairan) atau di katakan juga afinitas atau daya tarik terhadap mediumnya sangat kuat.

Sol liofob adalah kebalikan dari sol liofil, di mana partikel fase terdispersinya kurang/tidak senang akan cairannya (mediumnya).

Perbedaan antara koloid liofob dengan koloid liofil dapat disimak pada tabel dibawah ini .

No.	Koloid liofil	Koloid liofob
1.	Partikel tidak dapat dilihat dengan microscope ultra	Partikelnya dapat dilihat dengan microscope ultra
2.	Tidak menunjukkan peristiwa elektroforesis	Menunjukkan peristiwa elektroforesis
3.	Tidak mengalami koagulasi bila diberi sedikit elektrolit	Mengalami koagulasi jika diberi elektrolit
4.	Memiliki viskositas besar	Viskositas mirip medium pendispersinya
5.	Tegangan permukaan kecil	Tegangan permukaan mirip medium pendispersinya
6.	Tidak menunjukkan gerak brown	Menunjukkan gerak brown yang jelas
7.	Pada penguapan atau pendinginan menghasilkan gel, yang akan membentuk sol lagi bila diberi medium pendispersinya	Pada penguapan atau pendinginan akan menghasilkan koagulasi, tidak membentuk sol kembali bila diberi medium pendispersinya.

Berikut ini adalah penjelasan mengenai aplikasi koloid:

1. Pemutihan Gula

Gula tebu yang masih berwarna dapat diputihkan. Dengan melarutkan gula ke dalam air, kemudian larutan dialirkan melalui sistem koloid tanah diatomae atau karbon. Partikel koloid akan mengadsorpsi zat warna tersebut. Partikel-partikel koloid tersebut mengadsorpsi zat warna dari gula tebu sehingga gula dapat berwarna putih.

2. Penggumpalan Darah

Darah mengandung sejumlah koloid protein yang bermuatan negatif. Jika terjadi luka, maka luka tersebut dapat diobati dengan pensil stiptik atau tawas yang mengandung ion-ion Al^{3+} dan Fe^{3+} . Ion-ion tersebut membantu agar partikel koloid di protein bersifat netral sehingga proses penggumpalan darah dapat lebih mudah dilakukan.

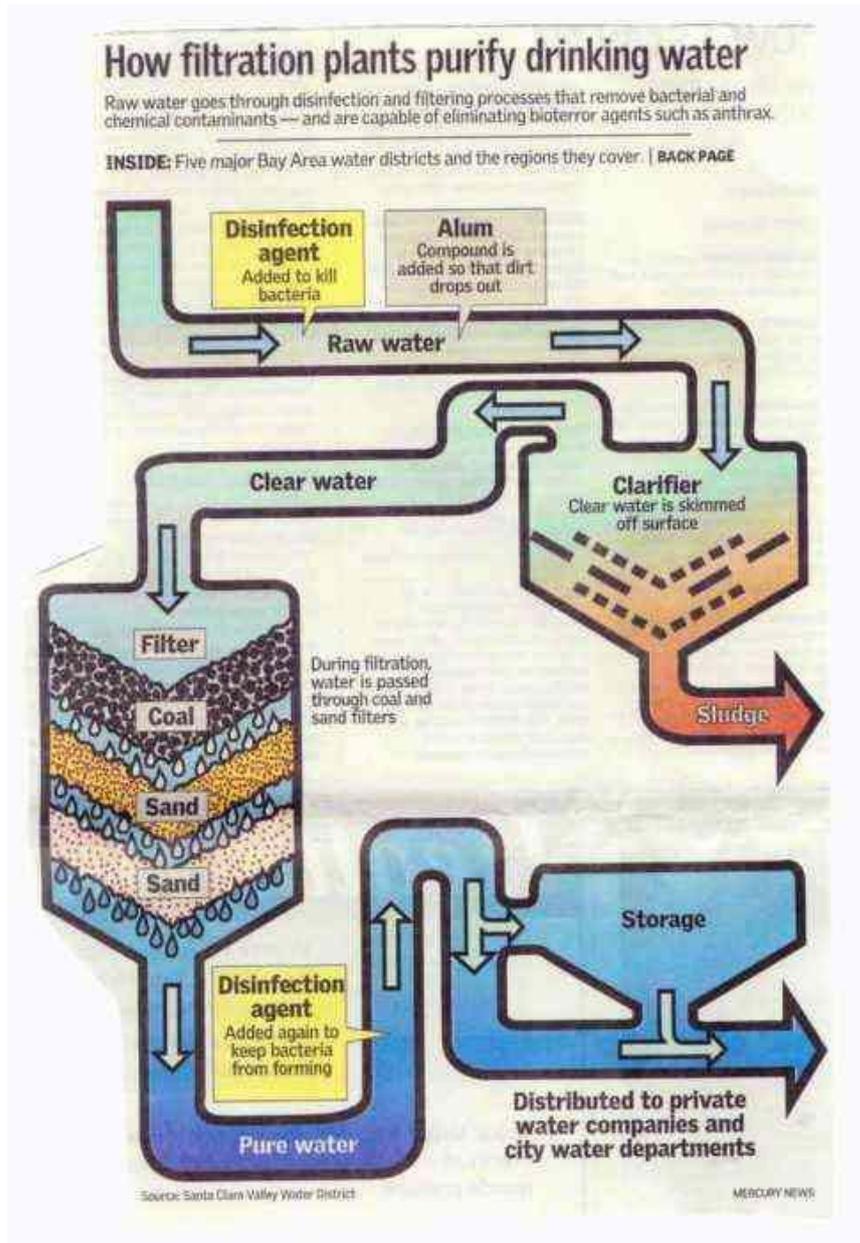
3. Penjernihan Air

Air keran (PDAM) yang ada saat ini mengandung partikel-partikel koloid tanah liat, lumpur, dan berbagai partikel lainnya yang bermuatan negatif. Oleh karena itu, untuk menjadikannya layak untuk diminum, harus dilakukan beberapa langkah agar partikel koloid tersebut dapat dipisahkan. Hal itu dilakukan dengan cara menambahkan tawas ($Al_2SO_4)_3$. Ion Al^{3+} yang terdapat pada tawas tersebut akan terhidrolisis membentuk partikel koloid $Al(OH)_3$ yang bermuatan positif melalui reaksi:



Setelah itu, $Al(OH)_3$ menghilangkan muatan-muatan negatif dari partikel koloid tanah liat/lumpur dan terjadi koagulasi pada lumpur. Lumpur tersebut kemudian

mengendap bersama tawas yang juga mengendap karena pengaruh gravitasi. Berikut ini adalah skema proses penjernihan air secara lengkap:



Daftar pustaka

1. Raymond Chang, Chemistry 9Ed, McGrawHill, New York 2008
2. Brown, Chemistry The Central Science, Pearson, New Jersey, 2007
3. Petrucci, Harword Jerring and Madura, General Chemistry Principles and Modern Application 9 Ed, Pearson, New jersey, 2007
4. schools.moe.edu.sg/.../diffusion_osmosis.htm
5. www.kimia.upi.edu
6. <http://www.geocities.com/davinpratama/lapkim/koloid.doc>
7. www.geotek.lipi.go.id/?p=262