



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN ANAK USIA DINI,
PENDIDIKAN DASAR DAN PENDIDIKAN MENENGAH
DIREKTORAT SEKOLAH MENENGAH ATAS
2020



Modul Pembelajaran SMA

KIMIA



KELAS
XII



**FENOMENA SIFAT KOLIGATIF LARUTAN
KIMIA KELAS XII**

**PENYUSUN
Rananda Vinsiah, S.Pd.
SMA Negeri Sumatera Selatan**

DAFTAR ISI

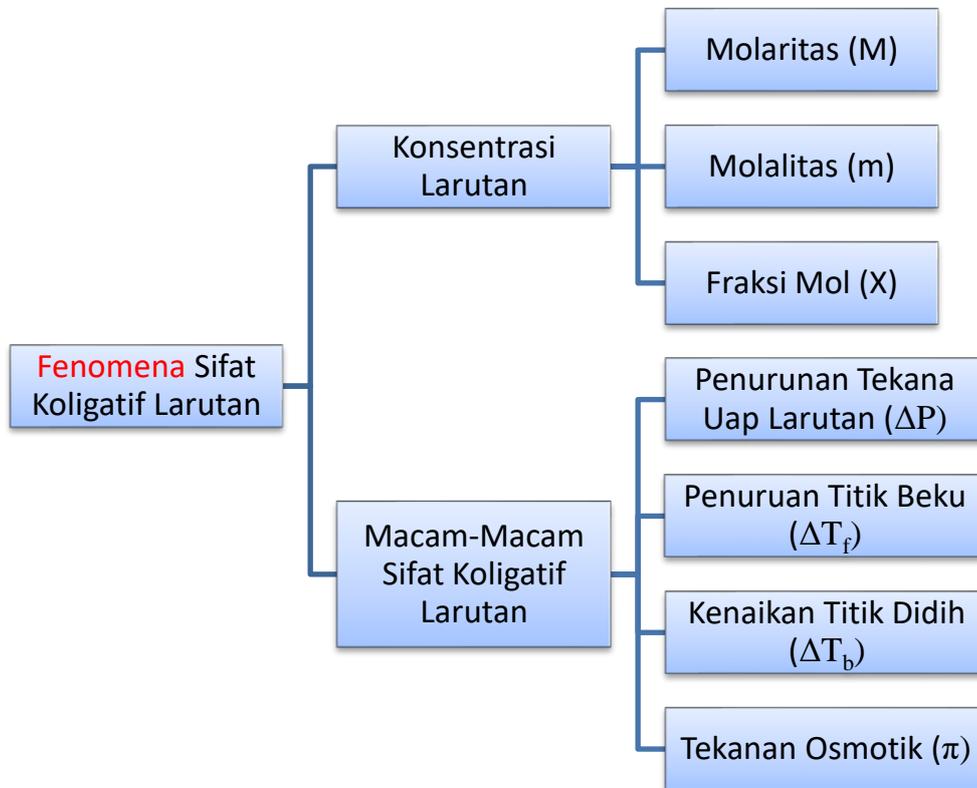
PENYUSUN	2
DAFTAR ISI	3
GLOSARIUM	5
PETA KONSEP	6
PENDAHULUAN	7
A. Identitas Modul	7
B. Kompetensi Dasar	7
C. Deskripsi Singkat Materi	7
D. Petunjuk Penggunaan Modul	7
E. Materi Pembelajaran	7
KEGIATAN PEMBELAJARAN 1	8
KONSENTRASI LARUTAN	8
A. Tujuan Pembelajaran	8
B. Uraian Materi	8
C. Rangkuman	10
D. Latihan Soal	10
F. Penilaian Diri	11
KEGIATAN PEMBELAJARAN 2	12
PENURUNAN TEKANAN UAP	12
A. Tujuan Pembelajaran	12
B. Uraian Materi	12
C. Rangkuman	15
D. Penugasan Mandiri	15
E. Latihan Soal	16
F. Penilaian Diri	18
KEGIATAN PEMBELAJARAN 3	19
PENURUNAN TITIK BEKU DAN KENAIKAN TITIK DIDIH	19
A. Tujuan Pembelajaran	19
B. Uraian Materi	19
C. Rangkuman	23
D. Penugasan Mandiri	24
E. Latihan Soal	24
F. Penilaian Diri	26
KEGIATAN PEMBELAJARAN 4	28

TEKANAN OSMOTIK.....	28
A. Tujuan Pembelajaran	28
B. Uraian Materi.....	28
C. Rangkuman	31
D. Penugasan Mandiri	32
E. Latihan Soal	32
F. Penilaian Diri	35
EVALUASI	36
DAFTAR PUSTAKA.....	39

GLOSARIUM

Diagram P-T	: Plot tekanan uap terhadap suhu
Fraksi Mol (X)	: Konsentrasi larutan yang menyatakan perbandingan banyaknya mol dari zat tersebut terhadap jumlah mol seluruh komponen dalam larutan
Hipertonik	: Larutan yang mempunyai tekanan osmotik lebih tinggi
Hipotonik	: Larutan yang mempunyai tekanan osmotik lebih rendah
Isotonik	: Larutan yang mempunyai tekanan osmotik sama
Kenaikan Titik Didih	: Selisih titik didih larutan dengan titik didih pelarut
Membran	: Membran atau selaput yang dapat dilalui oleh partikel pelarut air, namun tidak dapat dilalui oleh partikel zat terlarut
Semipermeable	: Membran atau selaput yang dapat dilalui oleh partikel pelarut air, namun tidak dapat dilalui oleh partikel zat terlarut
Molalitas (m)	: Banyaknya mol zat terlarut di dalam setiap 1.000 gram pelarut
Molaritas (M)	: Banyaknya mol zat terlarut di dalam setiap 1 liter larutan
Penurunan Tekanan Uap (ΔP)	: Selisih antara tekanan uap pelarut murni (P_o) dengan tekanan uap larutan (P) atau $\Delta P = P_o - P$
Osmosis	: Perpindahan pelarut dari larutan encer ke larutan yang lebih pekat melalui membrane semipermeabel
Sifat Koligatif Larutan	: Sifat larutan yang bergantung pada jumlah partikel zat terlarut dan bukan pada jenis zat terlarutnya
Tekanan Osmosis	: Tekanan yang harus diberikan kepada suatu larutan untuk mencegah terjadinya osmosis dari pelarut murni
Tetapan Kenaikan Titik Didih Molal (K_b)	: Nilai kenaikan titik didih setara untuk larutan 1 molal
Tetapan Penurunan Titik Beku Molal (K_f)	: Nilai penurunan titik beku yang setara untuk larutan 1 molal
Titik Beku	: Suhu di mana pelarut cair dan pelarut padat berada pada kesetimbangan, sehingga tekanan uap keduanya sama
Titik Didih	: Suhu pada saat tekanan suatu zat cair sama dengan tekanan atmosfer sekelilingnya dan terjadi kesetimbangan antara fase cair dan fase gas
Titik Tripel	: Pertemuan tiga fasa zat misal padat, air, titik tripel merupakan pertemuan zat dalam fasa uap, padat, cair

PETA KONSEP



PENDAHULUAN

A. Identitas Modul

Mata Pelajaran	: KIMIA
Kelas	: XII IPA
Alokasi Waktu	: 8 Jam Pelajaran
Judul Modul	: Sifat Koligatif Larutan

B. Kompetensi Dasar

- 3.1 Menganalisis fenomena sifat koligatif larutan (penurunan tekanan uap jenuh, kenaikan titik didih, penurunan titik beku, dan tekanan osmosis).
- 4.1 Menyajikan hasil penelusuran informasi tentang kegunaan prinsip sifat koligatif larutan dalam kehidupan sehari-hari.

C. Deskripsi Singkat Materi

Apa kabar peserta didik yang hebat? Semoga Ananda selalu sehat dan semangat dalam kondisi apapun ya. Aamiin. Selamat berjumpa Kembali di modul pembelajaran Kimia.

Pada modul ini Ananda akan belajar tentang fenomena sifat koligatif larutan yang terjadi dalam kehidupan sehari-hari. Mengamati dengan teliti fenomena fisik larutan dimaksudkan untuk meningkatkan rasa empati kalian terhadap permasalahan di sekitar. Sedangkan kepekaan terhadap fenomena fisik alamiah diharapkan dapat meningkatkan daya nalar kalian untuk menemukan solusi yang cerdas terhadap permasalahan permasalahan yang muncul, sehingga dapat diatasi dengan biaya yang relatif murah dan waktu yang lebih cepat. Selain itu, modul ini juga akan memberikan penjelasan terkait analisa dan perhitungan dalam fenomena sifat koligatif larutan.

D. Petunjuk Penggunaan Modul

Untuk mempelajari modul ini diperlukan materi prasyarat di kelas X pada materi stoikiometri dan di kelas XI pada materi konsentrasi asam basa. Untuk menggunakan modul ikutilah langkah langkah di bawah ini :

1. Bacalah peta konsep dan pahami materi sifat koligatif larutan
2. Berikan respon memahami materi pembelajaran dan contoh soal.
3. Perdalam pemahamanmu tentang analisa fenomena sifat koligatif larutan, baru kemudian mengerjakan penugasan mandiri
4. Akhiri kegiatan dengan mengisi penilaian diri dengan jujur dan ulangi lagi pada bagian yang masih belum sepenuhnya di mengerti
5. Ulangi Langkah 2 sd 4 untuk kegiatan pembelajaran 2 dan 3
6. Kerjakan soal evaluasi di akhir materi

E. Materi Pembelajaran

Modul ini terbagi menjadi 4 kegiatan pembelajaran yang memuat uraian materi, contoh soal, soal latihan dan soal evaluasi.

Pertama	: Konsentrasi Larutan
Kedua	: Penurunan Tekanan Uap
Ketiga	: Penurunan Titik Beku dan Kenaikan Titik Didih
Keempat	: Tekanan Osmotik

KEGIATAN PEMBELAJARAN 1

KONSENTRASI LARUTAN

A. Tujuan Pembelajaran

Materi pada Kegiatan Pembelajaran 1 ini merupakan materi prasyarat untuk Kegiatan Pembelajaran berikutnya. Jadi setelah membaca dan mengikuti langkah-langkah atau arahan pada modul ini diharapkan Ananda dapat:

1. Menentukan molaritas suatu larutan.
2. Menentukan molalitas suatu larutan.
3. Menentukan fraksi mol zat terlarut dan pelarut dalam suatu larutan.

B. Uraian Materi

Ananda yang hebat, *Sifat koligatif* merupakan sifat larutan yang dipengaruhi oleh *jumlah partikel zat terlarut* dan tidak tergantung dari sifat zat terlarut. Jumlah partikel zat terlarut dalam suatu larutan dinyatakan dalam suatu besaran yaitu Konsentrasi Larutan. Konsentrasi larutan yang kita bahas pada modul ini ada tiga jenis, yaitu Molaritas (M), molalitas (m), dan fraksi mol (X).

Pada mapel kimia kelas X telah dibahas materi Konsep Mol khususnya pada Jembatan Mol. Materi tersebut harus Ananda ingat Kembali sebagai dasar atau prasyarat mempelajari materi tentang Konsentrasi Larutan berikut.

1. Molaritas (M)

Molaritas menyatakan banyaknya mol zat terlarut didalam setiap 1 liter larutan

Rumus :

$$M = \frac{n}{V}$$

$$M = \frac{m}{M_r} \times \frac{1000}{V (ml)}$$

$$M = \frac{\% \times 10 \times \rho}{M_r}$$

Keterangan :

M = molaritas (M)

m = massa terlarut (gr)

n = mol zat (mol)

M_r = molekul relatif (gr/mol)

V = volume (L atau mL)

% = persen kadar zat

ρ = massa jenis (gr/mL)

2. Molalitas (m)

Molalitas menyatakan banyaknya mol zat terlarut di dalam setiap 1.000 gram pelarut.

Rumus :

$$m = \frac{gr}{M_r} \times \frac{1000}{p (gr)}$$

$$M = \frac{\%}{M_r} \times \frac{1000}{(100-\%)}$$

Keterangan :

m = molalitas (m)

% = persen kadar zat

gr = massa terlarut (gr)

M_r = molekul relatif (gr/mol)

p = massa pelarut (gr)

3. Fraksi Mol (X)

Fraksi mol (X) menyatakan perbandingan banyaknya mol dari zat tersebut terhadap jumlah mol seluruh komponen dalam larutan. Dalam suatu larutan terdapat 2 fraksi mol yakni fraksi mol terlarut (X_t) dan fraksi mol pelarut (X_p).

Rumus :

$$X_t = \frac{n_t}{n_t + n_p}$$

$$X_p = \frac{n_p}{n_t + n_p}$$

$$X_t + X_p = 1$$

Jadi, jumlah fraksi mol pelarut dan terlarut adalah 1.

Keterangan :

X_t = fraksi mol terlarut

n_t = mol terlarut

X_p = fraksi mol pelarut

n_p = mol pelarut

p = massa pelarut (gr)

Contoh Soal

1. Sebanyak 1,8 gram glukosa, $C_6H_{12}O_6$ dilarutkan ke dalam 100 gram air (Ar C = 12, H = 1, O = 16). Tentukan molalitas larutan glukosa tersebut!

Penyelesaian :

$$m = \frac{gr}{Mr} \times \frac{1000}{P}$$

$$m = \frac{1,8}{180} \times \frac{1000}{100 \text{ gram}}$$

$$m = 0,01 \times 10$$

$$m = 0,1 \text{ molal}$$

Jadi, molalitas $C_6H_{12}O_6 = 0,1 \text{ m}$

2. Sebanyak 90 gram glukosa, $C_6H_{12}O_6$ dilarutkan dalam 360 mL air (Ar C = 12, H = 1, O = 16). Tentukan fraksi mol masing-masing zat!

Penyelesaian :

$$n_{C_6H_{12}O_6} = \frac{gr}{Mr} = \frac{90 \text{ gr}}{180 \text{ gr/mol}} = 0,5 \text{ mol}$$

$$n_{H_2O} = \frac{gr}{Mr} = \frac{360 \text{ gr}}{18 \text{ gr/mol}} = 20 \text{ mol}$$

$$X_p = \frac{n_p}{n_t + n_p} = \frac{20 \text{ mol}}{(0,5 + 20) \text{ mol}} = 0,98$$

$$X_t = \frac{n_t}{n_t + n_p} = \frac{0,5 \text{ mol}}{(0,5 + 20) \text{ mol}} = 0,02$$

C. Rangkuman

1. Sifat koligatif larutan adalah sifat larutan yang dipengaruhi oleh *jumlah partikel zat terlarut* dan tidak tergantung dari sifat zat terlarut
- 2.
3. Jumlah fraksi mol terlarut dan pelarut adalah 1.

$$X_t + X_p = 1$$

D. Latihan Soal

Kerjakan soal di bawah ini dengan benar dan jujur!

1. Volume air yang diperlukan untuk melarutkan 4,9 gram H_2SO_4 yang konsentrasinya 0,25 m (Ar H = 1; S = 32; O = 16) adalah
 - A. 2 mL
 - B. 10 mL
 - C. 20 mL
 - D. 100 mL
 - E. 200 mL
2. Sebanyak 6 gram urea dilarutkan dalam 90 gram air. Fraksi mol urea dalam larutan itu adalah
 - A. 0,0164
 - B. 0,02
 - C. 0,0625
 - D. 0,0667
 - E. 1,1

KUNCI JAWABAN DAN PEMBAHASAN :

No	Kunci	Pembahasan
1	E	$m = \frac{gr}{Mr} \times \frac{1000}{P}$ $0,25 = \frac{4,9}{98} \times \frac{1000}{P}$ $P = \frac{4,9}{98} \times \frac{1000}{0,25}$ <p>P = 20 gram Karena massa jenis air = 1 gram/mL maka : Volume air = massa air = 20 mL</p>
2	B	$n \text{ CO(NH}_2)_2 = \frac{gr}{Mr} = \frac{6 \text{ gr}}{60 \text{ gr/mol}} = 0,1 \text{ mol}$ $n \text{ H}_2\text{O} = \frac{gr}{Mr} = \frac{90 \text{ gr}}{18 \text{ gr/mol}} = 5 \text{ mol}$ $X_{\text{urea}} = \frac{nt}{nt+np} = \frac{0,1 \text{ mol}}{(5+0,1)\text{mol}} = 0,02$

Pedoman Penskoran

Cocokkanlah jawaban Anda dengan Kunci Jawaban yang terdapat di bagian akhir modul ini. Hitunglah jawaban yang benar. Kemudian, gunakan rumus berikut untuk mengetahui tingkat penguasaan Anda terhadap materi Kegiatan Belajar 1.

$$\text{Nilai} = \frac{\text{Jumlah Skor Perolehan}}{\text{Jumlah Skor Maksimum}} \times 100 \%$$

Konversi tingkat penguasaan:

90 - 100% = baik sekali

80 - 89% = baik

70 - 79% = cukup

< 70% = kurang

Apabila mencapai tingkat penguasaan 80% atau lebih, Anda dapat meneruskan dengan Kegiatan Belajar 2. Bagus! Jika masih di bawah 80%, Anda harus mengulangi materi Kegiatan Belajar 1, terutama bagian yang belum dikuasai.

F. Penilaian Diri

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan jujur dan bertanggungjawab!

NO	PERTANYAAN	JAWABAN	
		YA	TIDAK
1	Saya dapat menganalisa bagaimana fenomena sifat koligatif penurunan titik beku		
2	Saya dapat menghitung fraksi mol terlarut dan pelarut		
3	Saya dapat menghitung penurunan tekanan uap larutan		
4	Saya dapat menganalisa hubungan fraksi mol terlarut dengan tekanan uap larutan		

Bila ada jawaban "Tidak", maka segera lakukan review pembelajaran, terutama pada bagian yang masih "Tidak". Bila semua jawaban "Ya", maka Anda dapat melanjutkan ke pembelajaran berikutnya.

KEGIATAN PEMBELAJARAN 2

PENURUNAN TEKANAN UAP

A. Tujuan Pembelajaran

Materi pada Kegiatan Pembelajaran 2 ini merupakan materi prasyarat untuk Kegiatan Pembelajaran berikutnya (KD 3.2 dan 4.2). Jadi setelah membaca dan mengikuti langkah-langkah atau arahan pada modul ini diharapkan Ananda dapat :

1. Menganalisa fenomena sifat koligatif penurunan tekanan uap larutan.
2. Menganalisa perhitungan yang berlaku dalam fenomena sifat koligatif penurunan tekanan uap larutan

B. Uraian Materi

Coba kalian perhatikan gambar berikut ini!



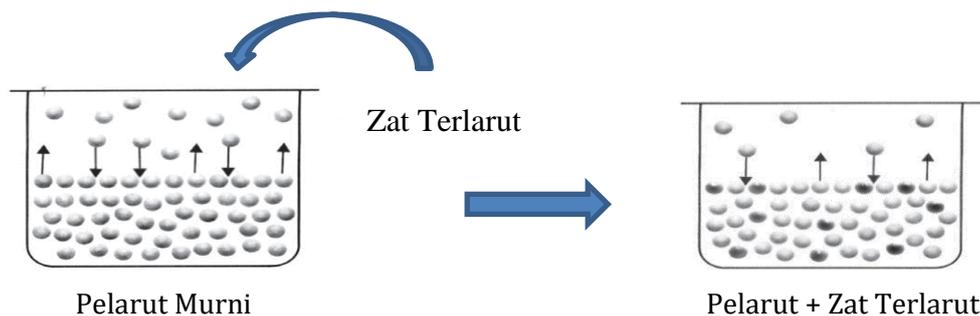
Gambar 1. Kolam Apung di Tempat Salah Satu Tempat Wisata Air
(Sumber : <http://ancolcom.blogspot.com/>)

Apa yang sedang dilakukan oleh orang pada gambar tersebut? Apakah orang tersebut tenggelam? Mengapa hal demikian dapat terjadi?

Gambar di atas merupakan gambar kolam apung. Kolam apung seperti yang terletak pada Atlantis Water Adventure Taman Impian Jaya Ancol Jakarta merupakan contoh terjadinya penurunan tekanan uap pelarut. Air yang berada di kolam apung ini memiliki kadar garam yang sangat tinggi, bahkan 10 kali lipat lebih tinggi dibandingkan kadar garam rata-rata di lautan. Air atau pelarut yang ada di kolam apung ini sulit menguap karena tekanan uap pelarut menurun disebabkan karena konsentrasi kadar garam yang sangat tinggi. Semakin banyak jumlah zat terlarut, maka pelarut semakin sukar menguap. Dengan kata lain, adanya zat terlarut menyebabkan penurunan tekanan uap cairan. Karena memiliki konsentrasi zat terlarut sangat tinggi, maka pada saat kita berenang di sini akan mengapung atau tidak tenggelam. Lalu, bagaimana kaitannya dengan sifat koligatif larutan? Mari kita bahas dalam modul ini.

1. Sifat Koligatif Larutan

Pada Kegiatan Pembelajaran 1 Ananda sudah mengetahui pengertian **Sifat koligatif**. Pada sistem pelarut murni titik didih, titik beku, tekanan uap dan tekanan osmotik hanya akan dipengaruhi oleh molekul pelarut itu sendiri. Namun dalam sistem larutan yang terdiri dari pelarut dan terlarut, keberadaan zat terlarut dalam suatu pelarut akan menyebabkan suatu perubahan tertentu pada keempat sifat pelarut tersebut. Zat terlarut volatil mengakibatkan tekanan uap jenuh larutan lebih besar dari tekanan uap jenuh pelarut, sedangkan zat terlarut non volatil cenderung menurunkan tekanan uap jenuh larutan. Adanya perubahan tekanan uap tersebut juga akan memberikan pengaruh terhadap titik didih dan titik beku larutan sehingga terjadi sifat koligatif larutan.



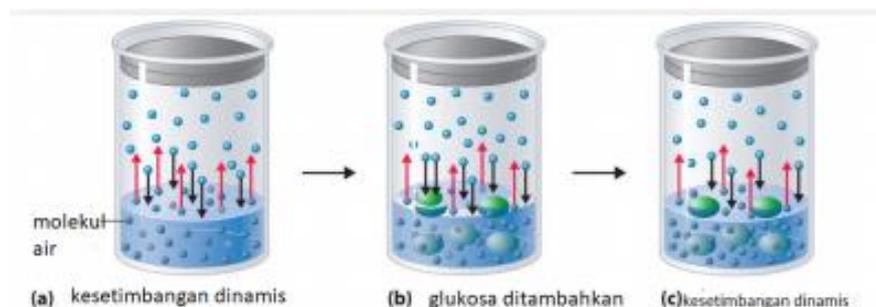
Gambar 1. Konsep Perubahan Sifat Pada Pelarut Oleh Zat Terlarut Non Volatil

Berdasarkan analisa tersebut, sifat koligatif larutan terdiri atas 4 sifat, meliputi :

- Penurunan tekanan uap (ΔP)
- Kenaikan titik didih (ΔT_b)
- Penurunan titik beku (ΔT_f)
- Tekanan osmotik (π)

2. Penurunan Tekanan Uap Larutan

Penguapan adalah peristiwa yang terjadi ketika partikel-partikel zat cair meninggalkan kelompoknya. Semakin lemah gaya tarik-menarik antarmolekul zat cair, semakin mudah zat cair tersebut menguap. Semakin mudah zat cair menguap, semakin besar pula tekanan uap jenuhnya. Banyaknya uap yang terbentuk di atas permukaan zat cair dinamakan dengan tekanan uap. Ketika partikel-partikel zat cair meninggalkan kelompoknya menjadi uap, di saat yang bersamaan uap tersebut akan kembali menjadi zat cair. Tekanan yang ditimbulkan pada saat terjadi kesetimbangan antara jumlah partikel zat cair menjadi uap dan jumlah uap menjadi zat cair disebut tekanan uap jenuh.



Gambar 2. Penurunan Tekanan Uap Larutan Glukosa
(Sumber : <http://ekimia.web.id/penurunantekanan-uap-larutan/>)

Berdasarkan eksperimen Marie Francois Raoult (1878) pada suatu larutan, partikel-partikel zat terlarut akan menghalangi gerak molekul pelarut untuk berubah dari bentuk cair menjadi bentuk uap sehingga tekanan uap jenuh larutan menjadi lebih rendah dari tekanan uap jenuh larutan murni. Adapun bunyi Hukum Raoult yang berkaitan dengan penurunan tekanan uap adalah sebagai berikut :

- Penurunan tekanan uap jenuh tergantung pada jumlah partikel zat terlarut.
- Penurunan tekanan uap jenuh berbanding lurus dengan fraksi mol zat terlarut sehingga semakin besar nilai fraksi mol zat terlarut maka tekanan uap larutan akan semakin rendah.

Hukum Raoult tersebut dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$\Delta P = X_t \cdot P^\circ$$

Apabila tekanan uap pelarut di atas larutan dilambangkan P maka

$$\Delta P = P^\circ - P$$

Jika komponen larutan terdiri pelarut dan zat terlarut dengan tetapan rumus berikut:

$$X_p + X_t = 1, \text{ maka } X_t = 1 - X_p.$$

Persamaan akan menjadi:

$$\begin{aligned} \Delta P &= X_t \cdot P^\circ \\ P^\circ - P &= (1 - X_p) P^\circ \\ P^\circ - P &= P^\circ - X_p \cdot P^\circ \end{aligned}$$

$$P = X_p \cdot P^\circ$$

Keterangan :

- ΔP = Penurunan tekanan uap (mmHg)
- X_p = Fraksi mol pelarut
- X_t = Fraksi mol terlarut
- P° = Tekanan uap jenuh pelarut murni (mmHg)
- P = Tekanan uap larutan (mmHg)

Contoh Soal

- Tekanan uap jenuh air pada temperatur 25°C adalah 30 mmHg. Tentukan penurunan tekanan uap jenuh air, jika ke dalam 90 gram air dilarutkan 18 gram glukosa ($C_6H_{12}O_6$) dengan $M_r = 180$!

Penyelesaian :

$$n_{C_6H_{12}O_6} = \frac{gr}{M_r} = \frac{18 \text{ gr}}{180 \text{ gr/mol}} = 0,1 \text{ mol}$$

$$n_{H_2O} = \frac{gr}{M_r} = \frac{90 \text{ gr}}{18 \text{ gr/mol}} = 5 \text{ mol}$$

$$X_t = \frac{nt}{nt+np} = \frac{0,1 \text{ mol}}{(5+0,1) \text{ mol}} = 0,02$$

$$\begin{aligned} \Delta P &= X_t \cdot P^\circ \\ &= 0,02 \cdot 30 \text{ mmHg} = 0,6 \text{ mmHg} \end{aligned}$$

- Tentukan tekanan uap jenuh larutan yang mengandung 12% massa urea, $CO(NH_2)_2$ dengan $M_r = 60$, jika tekanan uap jenuh air pada temperature 30°C adalah 31,82 mmHg!

Penyelesaian :

Untuk menyelesaikan soal ini, dibuat permisalan terlebih dahulu

Massa larutan dianggap 100 gram, sehingga

$$\text{Massa } 12\% \text{ urea} = \frac{12}{100} \times 100 \text{ gram} = 12 \text{ gram}$$

$$\text{Massa H}_2\text{O} = 100 \text{ gr} - 12 \text{ gr} = 88 \text{ gram}$$

$$n \text{ CO(NH}_2)_2 = \frac{gr}{Mr} = \frac{12 \text{ gr}}{60 \text{ gr/mol}} = 0,2 \text{ mol}$$

$$n \text{ H}_2\text{O} = \frac{gr}{Mr} = \frac{88 \text{ gr}}{18 \text{ gr/mol}} = 4,89 \text{ mol}$$

$$X_p = \frac{np}{nt+np} = \frac{4,89 \text{ mol}}{(4,89+0,2) \text{ mol}} = 0,96$$

$$P = X_p \cdot P^\circ \\ = 0,96 \cdot 31,82 \text{ mmHg} = 30,55 \text{ mmHg}$$

Aplikasi Penurunan Tekanan Uap dalam Kehidupan

1. Cara memperoleh benzene murni

Untuk mendapatkan benzena murni menggunakan pemisahan campuran dengan distilasi bertingkat, dengan menggunakan prinsip perbedaan tekanan uap antara zat pelarut dengan zat terlarut.

2. Wisata air kolam apung

Kolam apung adalah kolam yang memiliki kadar garam yang sangat tinggi, bahkan 10 kali lipat tingginya dibandingkan kadar garam rata-rata di lautan sehingga kolam ini memiliki pelarut yang sukar menguap. Karena memiliki konsentrasi zat terlarut sangat tinggi, maka pada saat kita berenang di sini akan mengapung atau tidak tenggelam.

C. Rangkuman

1. Sifat koligatif larutan adalah sifat larutan yang dipengaruhi oleh *jumlah partikel zat terlarut* dan tidak tergantung dari sifat zat terlarut.
2. Penguapan adalah peristiwa yang terjadi ketika partikel-partikel zat cair meninggalkan kelompoknya. Semakin lemah gaya tarik-menarik antarmolekul zat cair, semakin mudah zat cair tersebut menguap
3. Hukum Rault menyatakan penurunan tekanan uap jenuh sebanding dengan fraksi mol terlarut.

$$\Delta P = X_t \cdot P^\circ$$

4. Semakin besar nilai fraksi mol zat terlarut maka semakin rendah tekanan uap larutan.
5. Tekanan uap jenuh larutan dapat dihitung melalui rumus berikut :

$$P = X_p \cdot P^\circ$$

D. Penugasan Mandiri

1. Perhatikan tabel di bawah ini!

No	Larutan	X _t	P ^o	P	ΔP
1	Sukrosa	0,01	25 mmHg	24,75 mmHg	0,25

2	Sukrosa	0,02	25 mmHg	24,50 mmHg	0,50
3	Sukrosa	0,03	25 mmHg	24,25 mmHg	0,75
4	Etanol	0,01	25 mmHg	24,75 mmHg	0,25
5	Etanol	0,02	25 mmHg	24,50 mmHg	0,50
6	Etanol	0,03	25 mmHg	24,25mmHg	0,75

Berdasarkan data tabel di atas :

- Perhatikan larutan No. 1 dan 2 apakah zat terlarutnya sama? Bagaimana dengan penurunan tekanan uapnya?
- Perhatikan larutan No. 1 dan 2 apakah zat terlarutnya sama? Bagaimana dengan penurunan tekanan uapnya?
- Adakah pengaruh nilai fraksi mol zat terlarut terhadap penurunan tekanan uap yang terjadi?
- Bagaimana hubungan antara nilai fraksi mol zat terlarut dengan penurunan tekanan uap larutan?
- Bagaimana pula hubungan antara nilai fraksi mol zat terlarut dengan tekanan uap larutan?

E. Latihan Soal

Kerjakan soal di bawah ini dengan benar dan jujur!

- Di antara sifat larutan di bawah ini yang tidak termasuk sifat koligatif larutan adalah
 - Penurunan tekanan uap
 - Kenaikan titik didih
 - Kenaikan titik beku
 - Penurunan titik beku
 - Tekanan osmosis
- Perhatikan larutan berikut.
 - $C_6H_{12}O_6$ 0,1 M
 - $CO(NH_2)_2$ 0,2 M
 - $C_{12}H_{22}O_{11}$ 0,1 M
 - $C_6H_{12}O_6$ 0,3 M
 - $CO(NH_2)_2$ 0,2 M
 Larutan yang mempunyai tekanan uap paling rendah adalah
 - 1
 - 2
 - 3
 - 4
 - 5
- Sebanyak 100 gram sukrosa ($M_r = 342$) dilarutkan dalam 500 gram air pada suhu $25^\circ C$ mempunyai tekanan uap ... (tekanan uap air jenuh = 23,76 mmHg).
 - 0,247 mmHg
 - 23,513 mmHg
 - 23,76 mmHg
 - 24 mmHg
 - 25 mmHg
- Sepuluh gram urea $CO(NH_2)_2$ dilarutkan dalam 90 mL air. Bila tekanan uap jenuh air pada suhu $25^\circ C$ adalah 62 cmHg, maka tekanan uap larutan urea tersebut adalah
 - 2 cmHg
 - 30 cmHg
 - 31 cmHg
 - 60 cmHg
 - 64 cmHg

KUNCI JAWABAN DAN PEMBAHASAN :

No	Kunci	Pembahasan
1	C	Sifat koligatif larutan terdiri atas 4 sifat, meliputi : <ul style="list-style-type: none"> • Penurunan tekanan uap (ΔP) • Kenaikan titik didih (ΔT_b) • Penurunan titik beku (ΔT_f) • Tekanan osmotik (π)
2	D	Berdasarkan pernyataan pada Hukum Rault : Penurunan tekanan uap larutan sebanding dengan fraksi mol zat terlarut Artinya semakin banyak zat terlarut dalam larutan maka tekanan uap akan semakin rendah. Pada pilihan A hingga E semua larutan merupakan zat non elektrolit sehingga jawaban yang tepat adalah $C_6H_{12}O_6$ 0,3 M
3	B	$n \text{ sukrosa} = \frac{gr}{Mr} = \frac{100 \text{ gr}}{342 \text{ gr/mol}} = 0,29 \text{ mol}$ $n \text{ H}_2\text{O} = \frac{gr}{Mr} = \frac{500 \text{ gr}}{18 \text{ gr/mol}} = 27,77 \text{ mol}$ $X_p = \frac{np}{nt+np} = \frac{27,77 \text{ mol}}{(27,77+0,29) \text{ mol}} = 0,989$ $P = X_p \cdot P^\circ$ $= 0,989 \cdot 23,76 \text{ mmHg} = 23,514 \text{ mmHg}$
4	C	$n \text{ CO(NH}_2)_2 = \frac{gr}{Mr} = \frac{10 \text{ gr}}{60 \text{ gr/mol}} = 0,16 \text{ mol}$ $n \text{ H}_2\text{O} = \frac{gr}{Mr} = \frac{90 \text{ gr}}{18 \text{ gr/mol}} = 5 \text{ mol}$ $X_p = \frac{np}{nt+np} = \frac{5 \text{ mol}}{(5+0,16) \text{ mol}} = 0,968$ $P = X_p \cdot P^\circ$ $= 0,968 \cdot 62 \text{ mmHg} = 60 \text{ mmHg}$

Pedoman Penskoran

Cocokkanlah jawaban Anda dengan Kunci Jawaban yang terdapat di bagian akhir modul ini. Hitunglah jawaban yang benar. Kemudian, gunakan rumus berikut untuk mengetahui tingkat penguasaan Anda terhadap materi Kegiatan Belajar 2.

$$\text{Nilai} = \frac{\text{Jumlah Skor Perolehan}}{\text{Jumlah Skor Maksimum}} \times 100 \%$$

Konversi tingkat penguasaan:

90 - 100% = baik sekali

80 - 89% = baik

70 - 79% = cukup

< 70% = kurang

Apabila mencapai tingkat penguasaan 80% atau lebih, Anda dapat meneruskan dengan Kegiatan Belajar 3. Bagus! Jika masih di bawah 80%, Anda harus mengulangi materi Kegiatan Belajar 2, terutama bagian yang belum dikuasai.

F. Penilaian Diri

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan jujur dan bertanggungjawab!

NO	PERTANYAAN	JAWABAN	
		YA	TIDAK
1	Saya dapat menganalisa bagaimana fenomena sifat koligatif penurunan titik beku		
2	Saya dapat menghitung fraksi mol terlarut dan pelarut		
3	Saya dapat menghitung penurunan tekanan uap larutan		
4	Saya dapat menganalisa hubungan fraksi mol terlarut dengan tekanan uap larutan		

Bila ada jawaban "Tidak", maka segera lakukan review pembelajaran, terutama pada bagian yang masih "Tidak". Bila semua jawaban "Ya", maka Anda dapat melanjutkan ke pembelajaran berikutnya.

KEGIATAN PEMBELAJARAN 3

PENURUNAN TITIK BEKU DAN KENAIKAN TITIK DIDIH

A. Tujuan Pembelajaran

Materi pada Kegiatan Pembelajaran 3 ini merupakan materi prasyarat untuk Kegiatan Pembelajaran berikutnya (KD 3.2 dan 4.2). Jadi setelah membaca dan mengikuti langkah-langkah atau arahan pada modul ini diharapkan Ananda dapat :

1. Menganalisa fenomena sifat koligatif penurunan titik beku larutan
2. Menganalisa fenomena sifat koligatif kenaikan titik didih larutan
3. Menganalisa perhitungan yang berlaku dalam fenomena sifat koligatif penurunan titik beku dan kenaikan titik didih larutan

B. Uraian Materi

Cermati gambar di bawah ini!



Gambar 3. Es Putar (kiri) dan Memasak Sayuran (kanan)

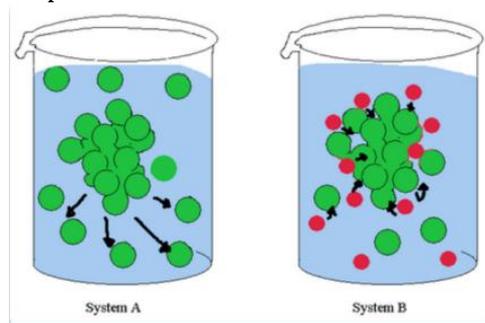
Hal apakah yang terpikir olehmu? Mengapa es puter di dalam gerobak tetap dingin walaupun sudah berkeliling dalam waktu lama? Apakah si penjual membawa kulkasnya? Lalu bagaimana menjaga agar es putarnya tetap membeku? Atau mengapa pada saat memasak sayuran, garam selalu ditambahkan setelah air mendidih?

Es putar adalah es krim untuk masyarakat kelas bawah selain rasanya yang enak harganya juga cukup murah dan terjangkau. Ada hal yang menarik dari para penjual Es putar ini mereka berkeliling dari satu tempat ke tempat yang lain untuk menjual es mereka tanpa membawa lemari es (kulkas) hanya membawa gerobak mereka yang berisi es batu secukupnya tetapi Es putar atau es tong-tong mereka tidak mencair padahal hampir seharian mereka menjajakan dagangan mereka, mereka hanya menambahkan garam pada Es batu yang mereka bawa untuk menjaga Es putar mereka tidak cepat mencair. Sama halnya dengan proses memasak yang terdapat pada gambar di sebelumnya tersebut. Ketika memasak sayuran, penambahan garam selalu dilakukan setelah air mendidih agar proses memasak tidak memakan waktu yang lama. Berdasarkan kedua fenomena tersebut, maka mari kita perhatikan bagaimana penjelasan ilmiahnya.

1. Penurunan Titik Beku

Titik beku larutan adalah suhu pada saat tekanan uap cairan sama dengan tekanan uap padatannya atau titik dimana air mulai membeku. Titik beku normal suatu zat adalah suhu pada saat zat meleleh atau membeku pada tekanan 1 atm (keadaan

normal). Tekanan luar tidak terlalu berpengaruh pada titik beku. Pada tekanan 760 mmHg, air membeku pada suhu 0 °C.



Gambar 4. Pengaruh Zat Terlarut Terhadap Proses Pembekuan Pelarut

Jika suatu zat terlarut ditambahkan pada suatu pelarut murni hingga membentuk larutan maka titik beku pelarut murni akan mengalami penurunan. Hal ini terjadi karena molekul molekul pelarut susah berubah menjadi fase cair karena partikel terlarut menghalangi pergerakan partikel pelarut. Misalnya, titik beku normal air adalah 0 °C. Namun dengan adanya zat terlarut pada suhu 0 °C air belum membeku. Jadi selisih titik beku pelarut (T_f°) dengan titik beku larutan (T_f) disebut penurunan titik beku (ΔT_f).

$$\Delta T_f = T_f \text{ pelarut} - T_f \text{ larutan}$$

$$\Delta T_f = T_f^\circ - T_f$$

Menurut Hukum Backman dan Raoult bahwa penurunan titik beku dan kenaikan titik didih berbanding langsung dengan molalitas yang terlarut di dalamnya.

$$\Delta T_f = m \times K_f$$

Keterangan :

T_f larutan (T_b)	= Titik beku larutan (°C)
T_f pelarut (T_b°)	= Titik beku pelarut (°C)
ΔT_f	= Penurunan titik beku (°C)
m	= Molalitas larutan (molal)
K_f	= Tetapan penurunan titik beku molal (°C/molal)

Contoh Soal

1. Dimasukkan 18 g glukosa ($M_r = 180$) ke dalam 1000 mL air. Massa jenis air = 1 g/mL dan K_f air = 1,86°C/molal. Tentukan titik beku larutan tersebut!

Glukolsa --- gr = 18 gram
 $M_r = 180$ gr/mol

V air = 1000ml

ρ air = 1 g/ml

(p) massa air = $\rho \times V = 1 \times 1000 = 1000$ gram

Dit: T_f ?

Jawab:

$$\Delta T_f = \frac{gr}{M_r} \times \frac{1000}{p} \times K_b$$

$$\Delta T_f = \frac{18}{180} \times \frac{1000}{1000} \times 1,86$$

$$\Delta T_f = 0,186$$

$$T_f = 0 - \Delta T_f$$

$$T_f = 0 - 0,186$$

$$T_f = -0,186$$

Jadi, titik beku larutan tersebut adalah $-0,186^{\circ}\text{C}$

Aplikasi Penurunan Titik Beku

a. Membuat Campuran Pendingin pada Es Putar

Untuk membuat es putar diperlukan yang namanya cairan pendingin. Cairan pendingin merupakan larutan berair yang memiliki titik beku jauh di bawah 0°C . Secara sederhana, cairan pendingin dibuat dengan melarutkan berbagai jenis garam ke kepingan es batu. Pada pembuatan es putar cairan pendingin dibuat dengan mencampurkan garam dapur dengan kepingan es batu dalam sebuah bejana berlapis kayu. Pada pencampuran itu, es batu akan mencair sedangkan suhu campuran turun. Sementara itu, campuran bahan pembuat es putar dimasukkan dalam bejana lain yang terbuat dari bahan stainless steel. Bejana ini kemudian dimasukkan ke dalam cairan pendingin, sambil terus-menerus diaduk sehingga campuran membeku.

b. Membuat Zat Antibeku pada Radiator Mobil

Mungkin kalian akan berpikir, bagaimana bisa air radiator di negara yang memiliki empat musim tidak membeku pada musim salju. Seharusnya di daerah yang memiliki iklim dingin, air radiator pada mobil akan mudah sekali membeku. Jika air radiator membeku maka akan merusak komponen mobil tersebut. Untuk mengatasi agar air radiator tidak mudah membeku, maka ditambahkan cairan yang sulit membeku yakni etilen glikol. Dengan penambahan cairan ini, nantinya air radiator tidak mudah membeku karena terjadi penurunan titik beku cairan radiator.

c. Mencairkan Salju di Jalan Raya

Di negara-negara yang mengalami musim salju, mobil akan mengalami kesulitan saat melintasi jalan raya karena jalan raya tertutup salju yang cukup tebal. Salju ini bisa menyebabkan kendaraan tergelincir atau selip karena licin sehingga perlu dibersihkan. Untuk membersihkan salju di jalan raya biasanya ditaburi dengan campuran garam NaCl dan CaCl_2 . Penaburan garam ini akan menurunkan titik beku salju tersebut, sehingga salju kembali menjadi air. Semakin tinggi konsentrasi garam, maka makin menurun titik bekunya, sehingga salju akan makin banyak yang mencair.

d. Antibeku dalam Tubuh Hewan

Tahukah kamu kenapa hewan yang berada di kutub utara maupun di kutub selatan tidak membeku atau mati. Hal ini disebabkan karena dalam tubuh hewan tersebut terdapat zat antibeku. Sehingga hewan yang berada di daerah yang beriklim sangat dingin mampu bertahan hidup.

e. Penambahan Antibeku Pada Minyak Kelapa

Jika kita membuat minyak kelapa tradisional, minyak yang dihasilkan akan cepat membeku. Pada pagi hari minyak kelapa akan membeku karena memiliki titik beku yang tinggi. Untuk mengatasi hal tersebut maka pada minyak kelapa ditambahkan garam-garaman atau vitamin E agar terjadi penurunan titik beku, sehingga minyak kelapa tidak mudah membeku pada suhu rendah.

2. Kenaikan Titik Didih Larutan

Suhu pada saat tekanan uap jenuh cairan sama dengan tekanan luarnya (tekanan pada permukaan cairan) disebut dengan titik didih. Jika tekanan uap sama dengan

tekanan luar, maka gelembung uap yang terbentuk dalam cairan dapat mendorong diri ke permukaan menuju fase gas.

Jika air murni dipanaskan pada tekanan 1 atm (760 mmHg), maka air akan mendidih pada suhu 100°C. Jika pada suhu yang sama dilarutkan gula, maka tekanan uap air akan turun. Jika semakin banyak gula yang dilarutkan, maka makin banyak penurunan tekanan uapnya. Hal ini mengakibatkan larutan gula belum mendidih pada suhu 100°C. Agar larutan gula cepat mendidih, diperlukan suhu yang cukup tinggi, sehingga tekanan uap jenuhnya sama dengan tekanan uap di sekitarnya. Selisih antara titik didih larutan dengan titik didih pelarut murni disebut kenaikan titik didih (ΔT_b).

$$\Delta T_b = T_b \text{ larutan} - T_b \text{ pelarut}$$

$$\Delta T_b = T_b - T_b^\circ$$

Secara umum semakin banyak zat terlarut yang dilarutkan maka kenaikan titik didih akan semakin besar sehingga persamaan untuk menentukan perubahan titik didih sebanding dengan hasil kali molalitas (m) dengan nilai K_b pelarut.

$$\Delta T_b = m \times K_b$$

Keterangan :

T_b larutan (T_b) = Titik didih larutan (°C)

T_b pelarut (T_b°) = Titik didih pelarut (°C)

ΔT_b = Kenaikan titik didih (°C)

m = Molalitas larutan (molal)

K_b = Tetapan kenaikan titik didih molal (°C/molal)

Contoh Soal

1. Dimasukkan 18 g glukosa ($M_r = 180$) ke dalam 1000 mL air. Massa jenis air = 1 g/mL dan K_b air = 0,52°C/molal. Tentukan titik didih larutan tersebut!

Glukosa --- gr = 18 gram

$M_r = 180$ gr/mol

V air = 1000ml

ρ air = 1 g/ml

(p) massa air = $\rho \times V = 1 \times 1000 = 1000$ gram

Dit: T_b ?

Jawab:

$$\Delta T_b = \frac{gr}{M_r} \times \frac{1000}{p} \times K_b$$

$$\Delta T_b = \frac{18}{180} \times \frac{1000}{1000} \times 0,52$$

$$\Delta T_b = 0,052$$

$$T_b = 100 - \Delta T_b$$

$$T_b = 100 - 0,052$$

$$T_b = 100,052$$

Jadi, titik didih larutan tersebut adalah 100,052°C

Aplikasi Kenaikan Titik Didih Larutan

- a. Distilasi

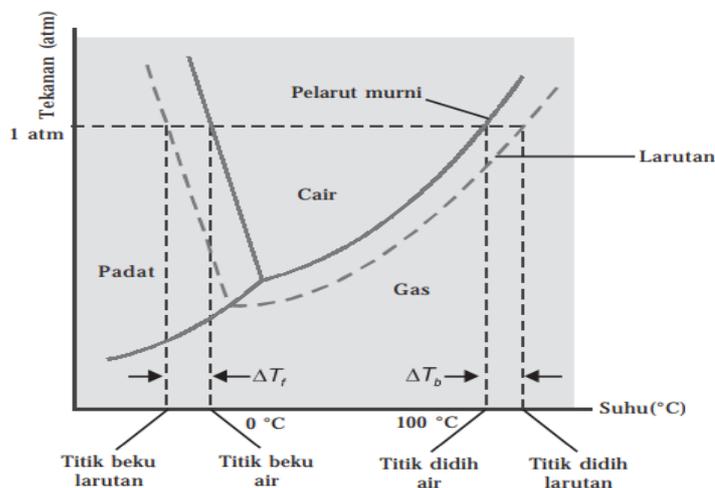
Distilasi adalah proses pemisahan senyawa dalam suatu larutan dengan cara pendidihan. Larutan yang akan dipisahkan dengan zat terlarutnya, suhunya dinaikkan secara perlahan agar zat terlarut menguap dan dapat dipisahkan dengan pelarutnya. Jadi sangat penting sekali mengetahui titik didih zat terlarut agar waktu yang diperlukan untuk mendidihkan larutan tersebut dapat diketahui. Kenaikan titik didih juga digunakan untuk mengklasifikasikan bahan bakar yang digunakan dalam kehidupan sehari-hari.

b. Penambahan Garam Ketika Memasak

Pada umumnya ketika sedang memasak atau merebus sesuatu, penambahan garam biasanya dilakukan setelah air mendidih. Hal ini bertujuan mencegah agar pada proses pemasakan terjadi lebih lama. Penambahan garam ketika larutan belum mendidih akan menaikkan titik didih larutan sehingga proses memasak akan membutuhkan waktu lebih lama.

Diagram P-T

Coba kalian cermati diagram di bawah ini!



Gambar 5. Diagram 3 Fasa (Diagram P-T)

Dari diagram 3 fasa tersebut, hal apakah yang dapat kamu kemukakan? Dapatkah kalian melihat posisi dari ketiga wujud zat yang ada? Adakah pengaruh tekanan pada diagram tersebut? Lalu apa fungsi dari diagram tersebut di atas?

Diagram di atas dapat digunakan untuk menganalisa bagaimana pengaruh sifat koligatif larutan berdasarkan variabel tekanan (P) dan suhu (T). Adanya zat terlarut pada suatu larutan tidak hanya memengaruhi tekanan uap saja, tetapi juga memengaruhi titik didih dan titik beku. Keberadaan suatu zat terlarut dalam larutan menyebabkan penurunan tekanan uap yang mengakibatkan terjadinya penurunan garis kesetimbangan antarfasa sehingga muncul sifat koligatif kenaikan titik didih dan penurunan titik beku. Posisi kenaikan titik didih larutan pada diagram tersebut berada di sebelah kanan dari pelarutnya yang menunjukkan jika titik didih larutan lebih tinggi dan terbentuk delta. Hal yang sama juga dialami oleh penurunan titik beku larutan yang terletak pada posisi lebih kiri dibanding pelarutnya.

C. Rangkuman

1. Kenaikan titik didih dan penurunan titik beku terjadi karena adanya interaksi zat terlarut dalam suatu pelarut

- Berdasarkan Hukum Backman dan Raoult bahwa penurunan titik beku dan kenaikan titik didih berbanding langsung dengan molalitas yang terlarut di dalamnya. Artinya semakin banyak zat terlarut dalam larutan maka penurunan titik beku dan kenaikan titik didihnya akan semakin besar pula.
- Besarnya penurunan titik beku dan kenaikan titik didih larutan dirumuskan sebagai berikut :

Penurunan Titik Beku

$$\Delta T_f = m \times K_f$$

$$\Delta T_f = T_f^\circ - T_f$$

Kenaikan Titik Didih

$$\Delta T_b = m \times K_b$$

$$\Delta T_b = T_b - T_b^\circ$$

D. Penugasan Mandiri

Cermati tabel di bawah ini!

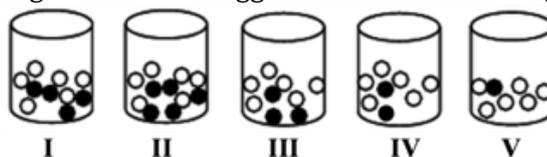
No	Larutan	Konsentrasi zat terlarut (molalitas)	Titik didih larutan (°C)	(ΔT_b)
1	Air + glukosa	1 m	100,52	0.52
2	Air + glukosa	2 m	101,04	1.04
3	Air + sukrosa	1 m	100,52	0.52
4	Air + sukrosa	2 m	101,04	1.04

Berdasarkan data tabel di atas, jawablah pertanyaan berikut ini :

- Adakah selisih antara titik didih air dengan titik didih larutan glukosa?
- Bagaimana perbandingan titik didih antara larutan glukosa 1 m dengan glukosa 2 m? Jelaskan mengapa demikian?
- Bagaimana perbandingan titik didih antara larutan sukrosa 1 m dengan sukrosa 2 m? Jelaskan mengapa demikian?
- Untuk larutan yang memiliki kesamaan konsentrasi (glukosa 1 m dan sukrosa 1 m), apakah terjadi perbedaan titik didih larutan? Jelaskan mengapa demikian!
- Jelaskan bagaimana hubungan konsentrasi zat terlarut dengan titik didih larutan!

E. Latihan Soal

- Bagan berikut menggambarkan larutan dengan berbagai konsentrasi



Keterangan : ● = mol partikel zat terlarut
○ = mol partikel pelarut

Bagan yang menunjukkan titik didih larutan paling tinggi adalah....

- I
- II
- III
- IV
- V

2. Beberapa contoh penerapan sifat koligatif larutan dalam kehidupan sehari-hari adalah sebagai berikut.
1. Proses penyerapan air dalam tanah oleh akar tanaman
 2. Membasmi lintah dengan menabur garam dapur
 3. Pemakaian garam dapur untuk pencairan salju
 4. Penambahan etilena glikol pada radiator mobil
- Penerapan sifat koligatif yang berkaitan dengan penurunan titik beku larutan adalah
- A. 1 dan 2
 - B. 1 dan 3
 - C. 2 dan 3
 - D. 2 dan 4
 - E. 3 dan 4
3. Sebanyak 18 gr glukosa ($M_r = 180$) dilarut dalam 500 gram air. Jika K_f air = 1,8, maka titik beku larutan tersebut
- A. $-0,18^\circ\text{C}$
 - B. $+0,36^\circ\text{C}$
 - C. $+0,18^\circ\text{C}$
 - D. $-0,36^\circ\text{C}$
 - E. $-0,72^\circ\text{C}$
4. Sebanyak 450 gram glukosa ($M_r = 180$) dilarutkan dalam 2 kg air ($K_b = 0,52$) akan mendidih pada suhu ... $^\circ\text{C}$.
- A. 0,65
 - B. 100
 - C. 100,325
 - D. 100,65
 - E. 100,75
5. Suatu larutan urea dalam air memiliki penurunan titik beku $0,372^\circ\text{C}$. Jika K_b air = $0,52^\circ\text{C}/m$ dan K_f air = $1,86^\circ\text{C}/m$ maka kenaikan titik didih larutan urea tersebut adalah
- A. $2,6^\circ\text{C}$
 - B. $0,04^\circ\text{C}$
 - C. $0,892^\circ\text{C}$
 - D. $0,104^\circ\text{C}$
 - E. $0,026^\circ\text{C}$

KUNCI JAWABAN DAN PEMBAHASAN :

No	Kunci	Pembahasan
1	B	Titik didih larutan yang paling tinggi akan dimiliki oleh larutan dengan jumlah zat terlarut paling banyak.
2	E	Beberapa contoh penerapan sifat koligatif larutan dalam kehidupan sehari-hari adalah sebagai berikut. 1. Proses penyerapan air dalam tanah oleh akar tanaman (osmotik) 2. Membasmi lintah dengan menabur garam dapur (osmotik) 3. Pemakaian garam dapur untuk pencairan salju (titik beku) 4. Penambahan etilena glikol pada radiator mobil (titik beku)
3	D	$\Delta T_f = \frac{gr}{M_r} \times \frac{1000}{p} \times K_b$ $\Delta T_f = \frac{18}{180} \times \frac{1000}{500} \times 1,8$ $\Delta T_f = 0,2 \times 1,8 = 0,36$ $T_f = 0 - \Delta T_f$ $T_f = 0 - 0,36$ $T_f = -0,36$

		Jadi, titik beku larutan tersebut adalah $-0,36^{\circ}\text{C}$
4	D	$\Delta T_b = \frac{gr}{Mr} \times \frac{1000}{p} \times K_b$ $\Delta T_b = \frac{450}{180} \times \frac{1000}{2000} \times 0,52$ $\Delta T_b = 0,65$ $T_b = 100 - \Delta T_b$ $T_b = 100 - 0,65$ $T_b = 100,65$ <p>Jadi, titik didih larutan tersebut adalah $100,65^{\circ}\text{C}$</p>
5	D	<p>Hitung dulu molal zat dari data penurunan titik beku</p> $\Delta T_f = m \times K_f$ $0,372 = m \times 1,86$ $m = \frac{0,372 \text{ }^{\circ}\text{C}}{1,86 \text{ }^{\circ}\text{C/molal}}$ $m = 0,2 \text{ molal}$ $\Delta T_b = m \times K_b$ $\Delta T_b = 0,2 \text{ molal} \times 0,52 \text{ }^{\circ}\text{C/molal}$ $\Delta T_b = 0,104^{\circ}\text{C}$

Pedoman Penskoran

Cocokkanlah jawaban Anda dengan Kunci Jawaban yang terdapat di bagian akhir modul ini. Hitunglah jawaban yang benar. Kemudian, gunakan rumus berikut untuk mengetahui tingkat penguasaan Anda terhadap materi Kegiatan Belajar 3.

$$\text{Nilai} = \frac{\text{Jumlah Skor Perolehan}}{\text{Jumlah Skor Maksimum}} \times 100 \%$$

Konversi tingkat penguasaan:

90 - 100% = baik sekali

80 - 89% = baik

70 - 79% = cukup

< 70% = kurang

Apabila mencapai tingkat penguasaan 80% atau lebih, Anda dapat meneruskan dengan Kegiatan Belajar 4. Bagus! Jika masih di bawah 80%, Anda harus mengulangi materi Kegiatan Belajar 3, terutama bagian yang belum dikuasai.

F. Penilaian Diri

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan jujur dan bertanggungjawab!

NO	PERTANYAAN	JAWABAN	
		YA	TIDAK

1	Saya dapat menganalisa fenomena sifat koligatif penurunan titik beku larutan		
2	Saya dapat menganalisa fenomena sifat koligatif kenaikan titik didih larutan		
3	Saya dapat menganalisa perhitungan fenomena sifat koligatif penurunan titik beku larutan		
4	Saya dapat menganalisa perhitungan fenomena sifat koligatif kenaikan titik didih larutan		
5	Saya dapat menjelaskan hubungan zat terlarut dengan penurunan titik beku dan kenaikan titik didih larutan		

Bila ada jawaban "Tidak", maka segera lakukan review pembelajaran, terutama pada bagian yang masih "Tidak". Bila semua jawaban "Ya", maka Anda dapat melanjutkan ke pembelajaran berikutnya.

KEGIATAN PEMBELAJARAN 4

TEKANAN OSMOTIK

A. Tujuan Pembelajaran

Materi pada Kegiatan Pembelajaran 4 ini merupakan materi prasyarat untuk Kegiatan Pembelajaran berikutnya (KD 3.2 dan 4.2). Jadi setelah membaca dan mengikuti langkah-langkah atau arahan pada modul ini diharapkan Ananda dapat :

1. Menganalisa fenomena sifat koligatif tekanan osmotik larutan
2. Menganalisa perhitungan yang berlaku dalam fenomena sifat koligatif tekanan osmotik larutan

B. Uraian Materi

Perhatikan gambar di bawah ini!



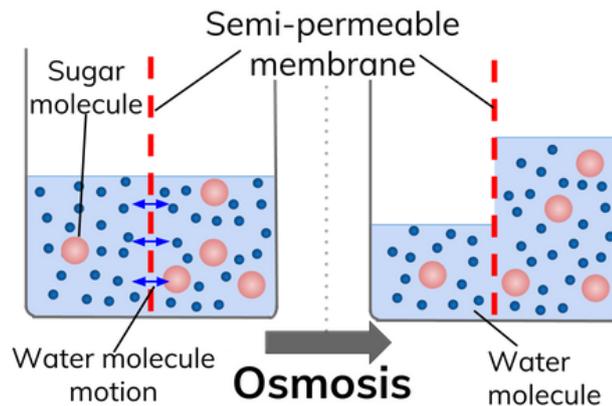
Gambar 6. Ikan Air Laut (Sumber : <https://bebaspedia.com/>)

Hal apa yang pertama kali terpikirkan oleh kalian? Apa yang akan terjadi jika ikan tersebut dimasukkan ke dalam air tawar? Apakah ikan tersebut masih akan tetap hidup?

Pertanyaan tersebut akan berkaitan dengan fenomena sifat koligatif tekanan osmotik larutan. Pada pelajaran biologi dijelaskan jika dalam tubuh ikan terjadi peristiwa osmosis agar dapat bertahan hidup. Peristiwa ini akan sangat mempengaruhi proses sirkulasi air dalam tubuh ikan. Perbedaan konsentrasi kadar garam pada air laut dan air tawar akan menyebabkan suatu dampak tertentu pada tubuh ikan. Nah, bagaimana penjelasannya ilmiahnya dalam ilmu kimia? Mari kita bahas materi berikut ini!

1. Tekanan Osmotik

Jika dua jenis larutan yang konsentrasinya berbeda dimasukkan ke dalam wadah kemudian kedua larutan itu dipisahkan dengan selaput semipermeabel, apakah yang akan terjadi? Perhatikan ilustrasi berikut!



Gambar 7. Peristiwa Osmosis (Sumber : <https://www.pakarkimia.com/>)

Gambar di atas menampilkan dua larutan yang memiliki konsentrasi berbeda dengan dibatasi oleh selaput semipemebel. Larutan di kiri merupakan larutan encer yang memiliki tekanan osmotik rendah (hipotonik), sedangkan larutan di kanan merupakan larutan pekat yang umumnya memiliki tekanan osmotik yang pekat (hipertonik). Selaput semipermeabel pada gambar hanya dapat dilalui oleh molekul pelarut tetapi tidak dapat dilalui oleh molekul zat terlarut. Molekul-molekul pelarut akan merembes dari larutan encer ke larutan yang lebih pekat. Proses perpindahan molekul pelarut dari larutan encer ke larutan yang lebih pekat atau dari pelarut murni ke suatu larutan melalui selaput semipermeabel disebut peristiwa osmosis. Peristiwa osmosis akan berlangsung hingga dicapai suatu kesetimbangan atau hingga kedua larutan isotonis. Hal ini ditandai dengan berhentinya perubahan volume larutan. Perbedaan volume dua larutan pada kesetimbangan menghasilkan suatu tekanan yang disebut tekanan osmosis. Tekanan osmosis dapat juga diartikan sebagai tekanan yang diberikan untuk mencegah terjadinya peristiwa osmosis.

Menurut Van't Hoff, tekanan osmotik larutan-larutan encer dapat dihitung dengan rumus yang serupa dengan persamaan gas ideal, yaitu:

$$PV = nRT \text{ atau } \pi V = nRT$$

dengan mol/Volume menyatakan kemolaran larutan (M) maka persamaan di atas dapat ditulis

$$\pi = \frac{n}{V} RT$$

$$\pi = MRT$$

Keterangan :

- π = Tekanan osmosis (atm)
- M = Molaritas (mol/L)
- R = Tetapan gas (0,082 atm L/mol K)
- T = Suhu (K)
- n = Mol terlarut (mol)
- V = Volume larutan (L atau mL)

Contoh Soal

1. Berapa tekanan osmosis larutan urea yang dibuat dengan melarutkan 6 gram urea ($M_r = 60$) dalam 1000 mL air pada suhu 27°C ?

Penyelesaian :

Urea --- gr = 6 gr

$M_r = 60 \text{ gr/mol}$

V larutan = 1000 ml

$R = 0,082 \text{ L} \cdot \text{atm/mol.K}$

$T = 27^\circ\text{C} = 27 + 273 \text{ K} = 300 \text{ K}$

Dit: π ?

Jawab:

$$\pi = MRT$$

$$\pi = \frac{gr}{M_r} \times \frac{1000}{V(ml)} \times R \times T$$

$$\pi = \frac{6 \text{ gr}}{60 \text{ gr/mol}} \times \frac{1000}{1000} \times 0,082 \text{ L} \cdot \text{atm/mol.K} \times 300 \text{ K}$$

$$\pi = 0,1 \text{ M} \times 0,082 \text{ L} \cdot \text{atm/mol.K} \times 300 \text{ K}$$

$$\pi = 0,1 \times 24,6 \text{ atm}$$

$$\pi = 2,46 \text{ atm}$$

Aplikasi Tekanan Osmotik Dalam Kehidupan

- a. Mengontrol Bentuk Sel
Pernahkah kamu melihat pasien yang dipasang infus di rumah sakit. Cairan infus yang dimasukkan ke dalam tubuh pasien melalui pembuluh darah dengan selang khusus harus memiliki tekanan osmosis yang sama dengan cairan sel-sel darah. Jika larutan pada cairan infus memiliki tekanan yang lebih tinggi (hipertonik) atau lebih rendah (hipotonik) maka sel-sel darah akan mengalami kerusakan sehingga sangat membahayakan pasien. Jadi contoh penerapan tekanan osmosis adalah untuk mengontrol bentuk sel agar tidak pecah atau mengalami kerusakan.
- b. Mesin Cuci Darah
Pasien penderita gagal ginjal harus menjalani terapi cuci darah (hemodialisis) dengan menggunakan mesin dialisis. Mesin dialisis ini menggunakan prinsip tekanan osmosis larutan. Terapi pada hemodialisis menggunakan metode dialisis, yaitu proses perpindahan molekul kecil-kecil seperti urea dari dalam sel darah melalui membran semipermeabel dan masuk ke cairan lain, kemudian dibuang. Membran tak dapat ditembus oleh molekul besar seperti protein sehingga akan tetap berada di dalam darah.
- c. Pengawetan Selai
Industri makanan ringan sering memanfaatkan konsep tekanan osmosis pada pengawetan selai. Gula dalam jumlah yang banyak ternyata penting dalam proses pengawetan karena gula membantu membunuh bakteri yang bisa mengakibatkan botulisme. Botulisme merupakan kondisi keracunan serius yang disebabkan oleh racun yang dihasilkan bakteri *Clostridium botulinum*. Bila sel bakteri berada dalam larutan gula hipertonik (konsentrasi tinggi), air intrasel cenderung untuk bergerak keluar dari sel bakteri ke larutan yang lebih pekat. Proses ini yang disebut krenasi (crenation), menyebabkan sel bakteri tersebut mengerut dan akhirnya tidak berfungsi lagi.

d. Membasmi Lintah

Cara paling ampuh untuk membasmi lintah atau pacet adalah dengan menaburkan sejumlah garam dapur (NaCl) ke permukaan tubuh lintah atau pacet. Pembasmian lintah dengan garam dapur merupakan penerapan dari tekanan osmosis. Garam dapur mampu menyerap air yang ada di dalam tubuh lintah, sehingga lintah akan kekudarangan air dan pada akhirnya akan mati.

e. Penyerapan Air oleh Akar Tanaman

Tanaman membutuhkan air dari dalam tanah. Bagaimana caranya agar air bisa sampai ke seluruh bagian tanaman? Air yang ada di dalam tanah akan diserap oleh akar. Bagaimana bisa? Dalam tanaman mengandung zat-zat terlarut sehingga konsentrasinya lebih tinggi daripada air yang ada di dalam tanah. Karena tanaman hipertonik maka air dalam tanah dapat diserap oleh tanaman dan diedarkan ke seluruh bagian tanaman.

f. Desalinasi Air Laut Melalui Osmosis Balik

Seiring perkembangan manusia yang pesat, sulit untuk akan mencari sumber air bersih secara alami. Apalagi era sekarang, beberapa negara dibelahan dunia sulit mendapatkan air bersih. Untuk itu manusia mencoba memanfaatkan laut sebagai sumber air bersih dengan metode osmosis balik. Osmosis balik adalah perembesan pelarut dari larutan ke pelarut, atau dari larutan yang lebih pekat ke larutan yang lebih encer. Osmosis balik terjadi jika kepada larutan diberikan tekanan yang lebih besar dari tekanan osmotiknya. Osmosis balik digunakan untuk membuat air murni dari air laut. Dengan memberi tekanan pada permukaan air laut yang lebih besar daripada tekanan osmotiknya, air dipaksa untuk merembes dari air asin ke dalam air murni melalui selaput yang permeabel untuk air tetapi tidak untuk ion-ion dalam air laut.

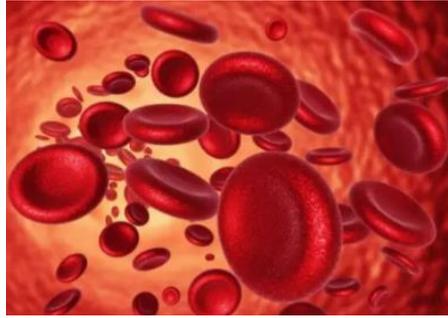
C. Rangkuman

1. Osmosis adalah proses perpindahan molekul pelarut dari larutan encer ke larutan yang lebih pekat atau dari pelarut murni ke suatu larutan melalui selaput semipermeable
2. Tekanan osmotik adalah tekanan yang diberikan untuk mencegah terjadinya peristiwa osmosis.
3. Larutan hipotonik adalah larutan dengan tekanan osmotik rendah
4. Larutan hipertonik adalah larutan dengan tekanan osmotik tinggi
5. Larutan isotonik adalah larutan dengan tekanan osmotik sama
6. Menurut Van't Hoff, tekanan osmotik larutan dapat dihitung dengan rumus :

$$\pi = MRT$$

7. Ketika terjadi perbedaan tekanan osmotik maka larutan akan melakukan peristiwa osmosis hingga keduanya memiliki tekanan osmotik yang sama.

D. Penugasan Mandiri



Dalam tubuh makhluk hidup juga dapat ditemui proses osmosis. Salah satunya yang terjadi pada sel darah merah. Dinding sel darah merah mempunyai ketebalan sekitar 10 nm dan pori dengan diameter 0,8 nm. Molekul air berukuran kurang dari setengah diameter tersebut sehingga dapat melewatinya dengan mudah. Cairan dalam sel darah merah mempunyai tekanan osmosis yang sama dengan larutan NaCl 0,9 % yakni 7,46 atm.

- apa yang akan terjadi pada sel darah merah jika kedalamnya dimasukkan larutan infus yang hipotonik? Berikan alasanmu!
- apa yang akan terjadi pada sel darah merah jika kedalamnya dimasukkan larutan infus yang hipertonic? Berikan alasanmu!
- Bagaimana seharusnya kondisi larutan infus agar dapat dipergunakan pada kasus di atas?

E. Latihan Soal

Kerjakan soal di bawah ini dengan benar dan jujur!

- Berikut ini beberapa penerapan sifat koligatif larutan dalam kehidupan sehari-hari:
 - penyerapan air oleh akar tanaman;
 - penambahan garam dalam proses pembuatan es putar;
 - penambahan garam untuk mencairkan salju;
 - penggunaan garam untuk membunuh lintah; dan
 - menambah etilen glikol pada radiator mobil.
 Penerapan tekanan osmotik terdapat pada peristiwa nomor ...
 - (1) dan (3)
 - (1) dan (4)
 - (2) dan (3)
 - (2) dan (5)
 - (4) dan (5)
- Tekanan osmotik larutan glukosa 0,01 M pada suhu 27 °C dimana $R = 0,082$ adalah

A. 0,022 atm	D. 0,738 atm
B. 0,066 atm	E. 1,246 atm
C. 0,246 atm	
- Larutan yang isotonis dengan larutan glukosa 0,3 M adalah
 - Alkohol 0,1 M
 - Gliserol 0,2 M
 - Urea 0,3 M
 - Sukrosa 0,4 M
 - Glukosa 0,5 M

KUNCI JAWABAN DAN PEMBAHASAN :

No	Kunci	Pembahasan
1	B	Berikut ini beberapa penerapan sifat koligatif larutan dalam kehidupan sehari-hari: (1) penyerapan air oleh akar tanaman; (osmotik) (2) penambahan garam dalam proses pembuatan es putar; (titik beku) (3) penambahan garam untuk mencairkan salju; (titik beku) (4) penggunaan garam untuk membunuh lintah; dan (osmotik) (5) menambah etilen glikol pada radiator mobil. (titik beku)
2	C	$M = 0,01 \text{ M}$ $R = 0,082 \text{ L} \cdot \text{atm/mol.K}$ $T = 27 \text{ }^\circ\text{C} = 27 + 273 \text{ K} = 300 \text{ K}$ Dit: π ? Jawab: $\pi = MRT$ $\pi = 0,01 \text{ M} \times 0,082 \text{ L} \cdot \text{atm/mol.K} \times 300 \text{ K}$ $\pi = 0,01 \times 24,6 \text{ atm}$ $\pi = 0,246 \text{ atm}$
3	C	Larutan yang isotonis glukosa 0,3M adalah larutan yang memiliki konsentrasi yang sama dengan larutan glukosa 0,3M sehingga jawaban yang tepat adalah urea 0,3M
4	A	Larutan X \rightarrow hipotonis (encer) Larutan Y \rightarrow hipertonis (pekat) Berdasarkan konsep peristiwa osmosis, pelarut akan mengalir dari konsentrasi rendah ke konsentrasi tinggi sehingga jawaban yang tepat adalah A. molekul air bergerak dari larutan X ke larutan Y
5	B	$X \text{ --- gr} = 6 \text{ gr}$ $M_r = 60 \text{ gr/mol}$ $V \text{ larutan} = 500 \text{ ml}$ $R = 0,082 \text{ L} \cdot \text{atm/mol.K}$ $T = 27 \text{ }^\circ\text{C} = 27 + 273 \text{ K} = 300 \text{ K}$ Dit: π ? Jawab: $\pi = MRT$ $\pi = \frac{gr}{M_r} \times \frac{1000}{V(ml)} \times R \times T$ $\pi = \frac{6 \text{ gr}}{60 \text{ gr/mol}} \times \frac{1000}{500} \times 0,082 \text{ L} \cdot \text{atm/mol.K} \times 300 \text{ K}$ $\pi = 0,2 \text{ M} \times 0,082 \text{ L} \cdot \text{atm/mol.K} \times 300 \text{ K}$ $\pi = 0,2 \times 24,6 \text{ atm}$ $\pi = 4,92 \text{ atm}$

Pedoman Penskoran

Cocokkanlah jawaban Anda dengan Kunci Jawaban yang terdapat di bagian akhir modul ini. Hitunglah jawaban yang benar. Kemudian, gunakan rumus berikut untuk mengetahui tingkat penguasaan Anda terhadap materi Kegiatan Belajar 1.

$$\text{Nilai} = \frac{\text{Jumlah Skor Perolehan}}{\text{Jumlah Skor Maksimum}} \times 100 \%$$

Konversi tingkat penguasaan:

90 - 100% = baik sekali

80 - 89% = baik

70 - 79% = cukup

< 70% = kurang

Apabila mencapai tingkat penguasaan 80% atau lebih, Anda dapat meneruskan ke Evaluasi. Bagus! Jika masih di bawah 80%, Anda harus mengulangi materi Kegiatan Belajar 4, terutama bagian yang belum dikuasai.

F. Penilaian Diri

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan jujur dan bertanggungjawab!

NO	PERTANYAAN	JAWABAN	
		YA	TIDAK
1	Saya dapat menjelaskan fenomena osmosis larutan		
2	Saya dapat menganalisa apakah suatu larutan hipotonis atau hipertonis		
3	Saya dapat menganalisa bagaimana proses osmosis larutan terjadi		
4	Saya dapat menganalisa perhitungan fenomena sifat koligatif tekanan osmotik larutan		
5	Saya dapat menjelaskan hubungan zat terlarut dengan tekanan osmotik larutan		

Bila ada jawaban "Tidak", maka segera lakukan review pembelajaran, terutama pada bagian yang masih "Tidak". Bila semua jawaban "Ya", maka Anda dapat melanjutkan ke pembelajaran berikutnya.

EVALUASI

Silahkan kerjakan soal berikut ini dengan jujur dan bertanggung jawab!

- Semua sifat berikut tergolong sifat koligatif larutan, kecuali
 - Penurunan Tekanan Uap
 - Kenaikan Titik Didih
 - Penurunan Titik Beku
 - Tekanan Osmosis
 - Kepekatan Larutan
- Jika tekanan uap pelarut murni adalah P° , tekanan uap larutan adalah P , penurunan tekanan uap larutan ΔP , dan fraksi mol pelarut X_p , serta fraksi mol terlarut X_t , maka hubungan yang benar adalah
 - $P = X_p \cdot P^\circ$
 - $P = X_t \cdot P^\circ$
 - $\Delta P = X_p \cdot P^\circ$
 - $\Delta P = X_t \cdot P$
 - $\Delta P = (X_p - X_t) P^\circ$
- Fraksi mol urea dalam air adalah 0,2. Tekanan uap jenuh air murni pada suhu 20°C sebesar 17,5 mmHg. Maka tekanan uap jenuh larutan pada suhu itu adalah ... mmHg.
 - 3,5
 - 14
 - 17,5
 - 17,7
 - 21
- Sebanyak 4 gram zat nonelektrolit dilarutkan dalam 100 gram air ternyata mendidih pada suhu $100,347^\circ\text{C}$, maka massa molar zat tersebut adalah
 - 30
 - 60
 - 90
 - 120
 - 180

5. Data percobaan penurunan titik beku:

Larutan	Konsentrasi (molal)	Titik beku ()
Urea	0,10	-0,1860
	0,01	-0,0186
Gula	0,10	-0,1860
	0,01	-0,0186

Berdasarkan data percobaan di atas, maka besarnya penurunan titik beku larutan ditentukan oleh

- Jenis zat terlarut
 - Jumlah partikel zat terlarut
 - Jenis larutan
 - Jenis pelarut
 - Perbedaan titik beku pelarut
- Sebanyak 20 gram senyawa berikut dalam 100 gram air yang mempunyai titik beku tertinggi adalah
 - Metanol ($M_r = 32$)
 - Etanol ($M_r = 46$)
 - Urea ($M_r = 60$)
 - Glukosa ($M_r = 180$)
 - Sukrosa ($M_r = 342$)
 - Berikut ini peristiwa kimia dalam kehidupan sehari-hari :
 - Etilen glikol dapat ditambahkan ke dalam radiator mobil
 - Desalinasi air laut.

Kedua contoh di atas berhubungan dengan sifat koligatif larutan secara berturut-turut....

- A. Penurunan titik beku dan osmosis balik
 - B. Penurunan tekanan uap dan tekanan osmosis
 - C. Tekanan osmosis dan kenaikan titik didih
 - D. Kenaikan titik didih dan penurunan titik beku
 - E. Penurunan titik beku dan kenaikan titik didih
8. Sebanyak 82 gram suatu zat nonelektrolit dilarutkan dalam air hingga volume 1 liter dan mempunyai tekanan osmosis sebesar 9,84 atm pada suhu 27°C. Jika tetapan gas R = 0,082 L atm / mol K, maka Mr zat tersebut adalah
- A. 180
 - B. 205
 - C. 208
 - D. 214
 - E. 342
9. Tekanan osmotik suatu larutan yang terdiri atas 7,2 g glukosa ($C_6H_{12}O_6$) dalam 250 mL larutan pada suhu 27 °C adalah (Ar C = 12 g/mol, Ar O = 16 g/mol, Ar H = 1 g/mol)
- A. 59,1 atm
 - B. 39,4 atm
 - C. 19,7 atm
 - D. 3,94 atm
 - E. 1,97 atm
10. Pernyataan yang benar tentang sifat koligatif larutan adalah
- A. Titik didih larutan lebih tinggi dari titik didih pelarutnya
 - B. Titik beku larutan lebih tinggi dari titik beku pelarutnya
 - C. Tekanan uap larutan lebih tinggi dari tekanan uap pelarutnya
 - D. Tekanan osmotik larutan encer sama dengan tekanan osmotik larutan pekat
 - E. Titik beku larutan pekat lebih tinggi dari titik beku larutan encer

KUNCI JAWABAN

No	Kunci Jawaban
1	E
2	A
3	B
4	B
5	B
6	E
7	A
8	B
9	D
10	A

Pedoman Penskoran

Hitunglah jawaban yang benar. Kemudian, gunakan rumus berikut untuk mengetahui tingkat penguasaan Anda terhadap materi Kegiatan Belajar ini.

$$\text{Nilai} = \frac{\text{Jumlah Skor Perolehan}}{\text{Jumlah Skor Maksimum}} \times 100 \%$$

Konversi tingkat penguasaan:

90 - 100%	= baik sekali
80 - 89%	= baik
70 - 79%	= cukup
< 70%	= kurang

Apabila mencapai tingkat penguasaan 80% atau lebih, Anda dapat meneruskan dengan Kegiatan Belajar selanjutnya. Bagus! Jika masih di bawah 80%, Anda harus mengulangi materi Kegiatan Belajar ini, terutama bagian yang belum dikuasai.

DAFTAR PUSTAKA

- Harnanto, Ari dan Ruminten. 2009. *Kimia 3 Untuk SMA/MA Kelas XII*. Jakarta : Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional.
- Pangajuanto, Teguh dan Rahmidi, Tri. 2009. *Kimia 3 Untuk SMA/MA Kelas XII*. Jakarta : Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional.
- Partana, Crys Fajar dan Wiyarsi, Antuni. 2009. *Mari Belajar Kimia 3 Untuk SMA/MA Kelas XII*. Bandung : Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional.
- Rahayu, Iman. 2009. *Praktis Belajar Kimia Untuk Kelas XII Sekolah Menengah Atas/Madrasah Aliyah Program Ilmu Pengetahuan Alam*. Jakarta : Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional.
- Sitanggang, Sarmian. 2019. *E-Modul Kimia XII*. Direktorat Pembinaan SMA -Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan
- Sudarmo, Unggul. 2013. *KIMIA untuk SMA/MA Kelas XII Kurikulum 2013*. Jakarta: Erlangga.
- <https://mafia.mafiaol.com/2017/08/contoh-sifat-klogatif-larutan-dalam.html#:~:text=Kolam%20apung%20Atlantis%20Water%20Adventure,kadar%20garam%20rata%20Drata%20dilautan>. diakses tanggal 17 September 2020
- <https://bebaspedia.com/sains/perbedaan-cara-minum-ikan-air-tawar-dan-ikan-air-asin/> diakses tanggal 17 September 2020