IDENTITAS

Nama Penyusun : Lila Darul Qomariyah, S.Pd
Instansi/ Sekolah: Sekolah Menengah Atas
Tahun Pelajaran : 2022/2023
Mata Pelajaran : Kimia
Jenjang : SMA
Kelas/ Fase : XI / F
Semester : 2
Materi Pokok : Gaya Antar Molekul

CAPAIAN PEMBELAJARAN

Peserta didik mampu mengamati, menyelidiki dan menjelaskan fenomena sehari-hari sesuai kaidah kerja ilmiah dalam menjelaskan konsep kimia dalam keseharian; menerapkan operasi matematika dalam perhitungan kimia; mempelajari sifat, struktur dan interaksi partikel dalam membentuk berbagai senyawa termasuk pengolahan dan penerapannya dalam keseharian; memahami dan menjelaskan aspek energi, laju dan kesetimbangan reaksi kimia; menggunakan konsep asam basa dalam keseharian; menggunakan transformasi energi kimia dalam keseharian termasuk termokimia dan elektrokimia; memahami kimia organik termasuk penerapannya dalam keseharian.

TUJUAN PEMBELAJARAN

- **Peserta didik mampu membedakan senyawa polar dan non polar melalui data momen dipol melalui literasi dan diskusi kelompok dengan benar (C4)**
- **Peserta didik mampu menjelaskan tentang interaksi antar molekul melalui literasi dengan tepat (C4)**
- **Peserta didik mampu menjelaskan tentang ikatan hidrogen melalui literasi dengan tepat (C4)**
- **Peserta didik mampu menganalisis sifat fisik zat berdasarkan interaksi antar molekul yang terjadi melalui literasi dengan tepat (C4)**

TAHUKAH ANDA ??

Bentuk Tetesan Air di Permukaaan Daun Talas



https://i1.wp.com/linimasa.com/wp-content/uploads/2017/02/wp-1486923732673.jpeg

Berbagai jenis gaya yang dihasilkan interaksi antar molekul sangat berpengaruh terhadap bentuk fisik senyawa kimia seperti yang dapat kamu lihat pada foto di samping. Foto tersebut menunjukkan bentuk tetesan air yang jatuh di permukaan daun talas. Tetesan air yang jatuh di permukaan daun talas tidak pernah membasahi permukaan ataupun meresap ke dalam permukaan daun talas, melainkan membentuk butiran-butiran kecil yang menyerupai bola atau bentuk telur. Butiran-butiran ini tidak diam melainkan bebas bergerak di atas permukaan. Tahukan kamu mengapa itu terjadi?

Air yang berada di permukaan daun talas membentuk butiran-butiran kecil bukan disebabkan oleh permukaan daun yang licin atau mengandung minyak, tetapi gaya kohesi yang terjadi di air dan daun talas lebih kuat dibandingkan gaya adhesi yang terjadi antara molekul air dengan molekul daun talas. Gaya kohesi yang lebih kuat menyebabkan molekul-molekul air seolah-olah menjauhi permukaan daun talas dan mengelompok pada satu pusat yang menyebabkan bentuknya menyerupai bola atau bentuk telur. Itulah sebabnya mengapa tetesan air yang jatuh di permukaan tanah membentuk butiran-butiran kecil seperti bola.

Apakah informasi yang kamu peroleh pada bacaan di atas termasuk fakta? Kamu dapat menentukan kebenarannya berdasarkan pengetahuan yang kamu miliki ataupun studi literatur melalui buku, artikel, dan internet.

GAYA ANTAR MOLEKUL

Dalam kehidupan sehari-hari, kita menemukan berbagai jenis zat yang partikelnya berupa molekul dan berbeda fasa. Dalam fasa gas, pada suhu tinggi dan tekanan yang relatif rendah (jauh di atas titik didihnya), molekul-molekul benar-benar berdiri sendiri, tidak ada gaya tarik antarmolekul. Akan tetapi, pada suhu yang relatif rendah dan tekanan yang relatif tinggi, yaitu mendekati titik embunnya, terdapat suatu gaya tarik-menarik antarmolekul. Gaya tarik menarik antar molekul itulah yang memungkinkan suatu gas dapat mengembun (James E. Brady, 1990).

Molekul-molekul dalam zat cair atau dalam zat padat diikat oleh gaya tarikmenarik antar molekul. Oleh karena itu, untuk mencairkan suatu zat padat atau untuk menguapkan suatu zat cair diperlukan energi untuk mengatasi gaya tarik-menarik antar molekul. Makin kuat gaya tarik antar molekul, makin banyak energi yang diperlukan untuk mengatasinya, makasemakin tinggi titik cair atau titik didih.

Sebelumnya tentu kalian sudah pernah mempelajari materi tentang ikatan kimia. Ikatan yang terjadi antar atom beraneka ragam, mulai dari ikatan karena serah terima elekron (ikatan ion), pemakaian bersama pasangan elektron (ikatan kovalen), ikatan logam dan ikatan karena gaya tarik elektrostatik

Terdapat ikatan yang terjadi karena gaya tarik atom dalam satu molekul (intramolekul), ada juga ikatan yang terjadi karena gaya tarik antar molekul yang satu dengan molekul lain (ekstramolekul). Gaya tarik-menarik antarmolekul, yaitu gaya yang menyebabkan antarmolekul menjadi terikat dalam satu kelompok. Gaya antarmolekul juga merupakan interaksi antara molekul-molekul dalam suatu zat (unsur atau senyawa) melalui gaya elektrostatis. Gaya antarmolekul ini sangat dipengaruhi kepolaran dari masing-masing molekul. Gaya tarik-menarik antarmolekul sangat berkaitan dengan sifat fisika dari senyawa yang bersangkutan. Gaya antarmolekul lebih lemah bila dibandingkan gaya intramolekul. Sebagai contoh energi penguapan 1 mol air adalah 45 kJ, sedangkan energi pemutusan ikatan O-H dalam satu mol air adalah 930 kJ.

Gaya antar molekul berhubungan dengan sifat-sifat fisika zat seperti energi penguapan, titik lebur, titik didih, tekanan uap, dan kekentalan

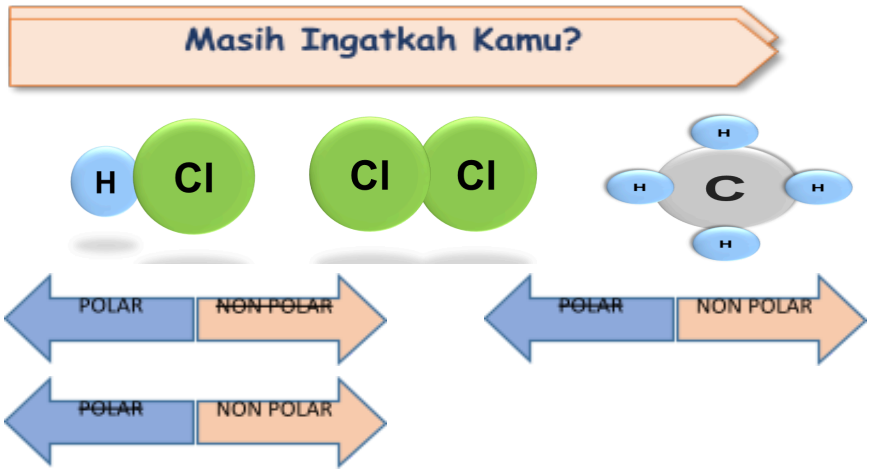
(viskositas) zat. Gaya antar molekul dapat terjadi antara: (1) molekul non polar dengan molekul non polar; (2) molekul polar dengan molekul non polar; (3) molekul polar dengan molekul polar.

Perlu Kamu Tahu

Gaya antarmolekul adalah gaya tarik yang terjadi diantara molekul-molekul pada senyawa kovalen, yang ditentukan oleh kepolaran ikatan kovalen dan bentuk molekul

Tabel 1. Jenis-jenis Gaya Antarmolekul

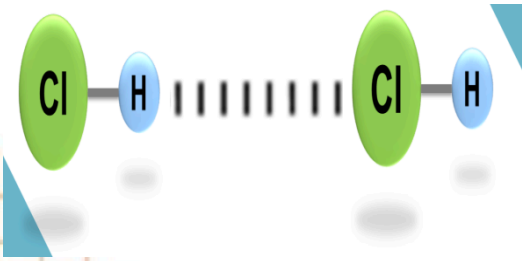
Gaya London/ Dipol Sesaat	Gaya Dipol-Dipol	Gaya Dipol Terinduksi	Ikatan Hidrogen
Gaya yang terjadi antara molekul non polar	Gaya yang terjadi antara molekul polar	Gaya yang terjadi antara molekul polar dan non polar	Ikatan antara atom yang sangat elektronegatif (F, O, N) dengan atom H



A. GAYA VAN DER WAALS

Gaya Van Der Waals dapat terjadi pada molekul polar dan nonpolar. Gaya ini memiliki gaya tarik yang lebih lemah jika dibandingkan dengan ikatan hidrogen.

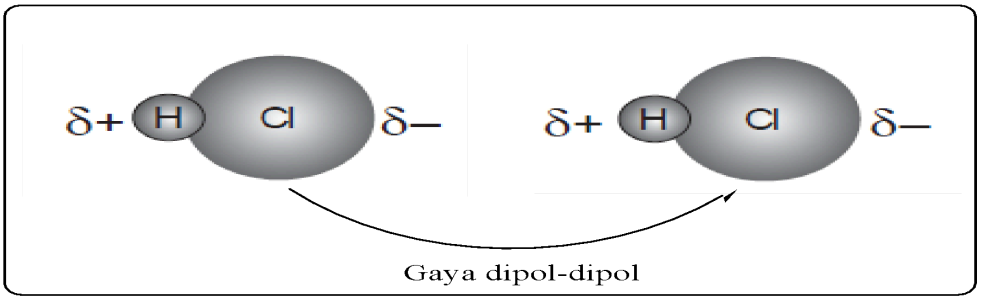
1. Molekul polar dengan molekul polar (dipol -dipol)



Gaya dipol-dipol berlaku hanya untuk molekul yang bersifat polar.Molekul polar

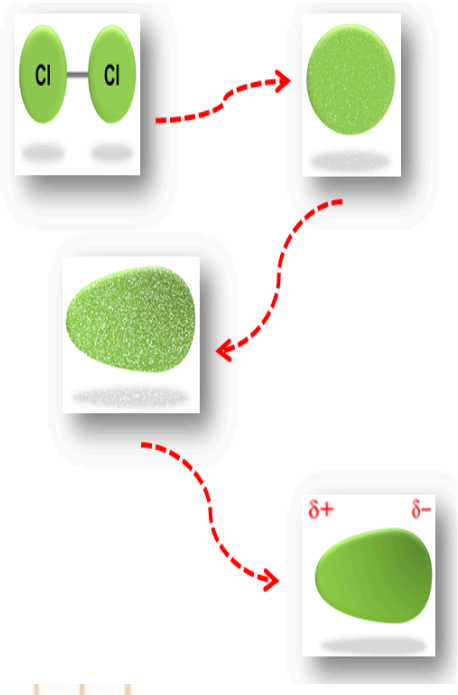
memiliki dua kutub yaitu kutub positif (δ+) dan kutub negatif (δ-). Dipol-dipol ini bersifat permanen akibat distribusi elektron yang tidak merata. Selanjutnya kedua dipol ini akan saling tarik-menarik pada dipol yang berlawanan muatan dan akan terjadi tolakan pada kutub yang sejenis. Berdasarkan fakta yang ada, gaya tarik-menarik ini akan lebih besar daripada gaya tolakannya. Sehingga terjadi gaya tarik-menarik antar molekul. Inilah yang disebut ***gaya tarik-menarik dipol-dipol.*** Gambar dibawah menunjukan proses terbentuknya gaya dipol-dipol.

Molekul-molekul polar mempunyai dua kutub berlawanan muatan, yang merupakan dipol permanen dan saling tarik menarik pada kutub-kutub yang dengan muatan berlawanan.



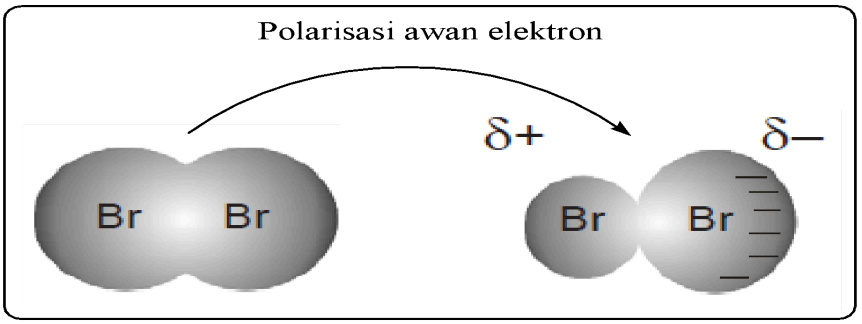
Gambar 1. Gaya Dipol-dipol

2. Molekul nonpolar dengan molekul nonpolar/gaya London (dipol sesaat-dipol terinduksi)



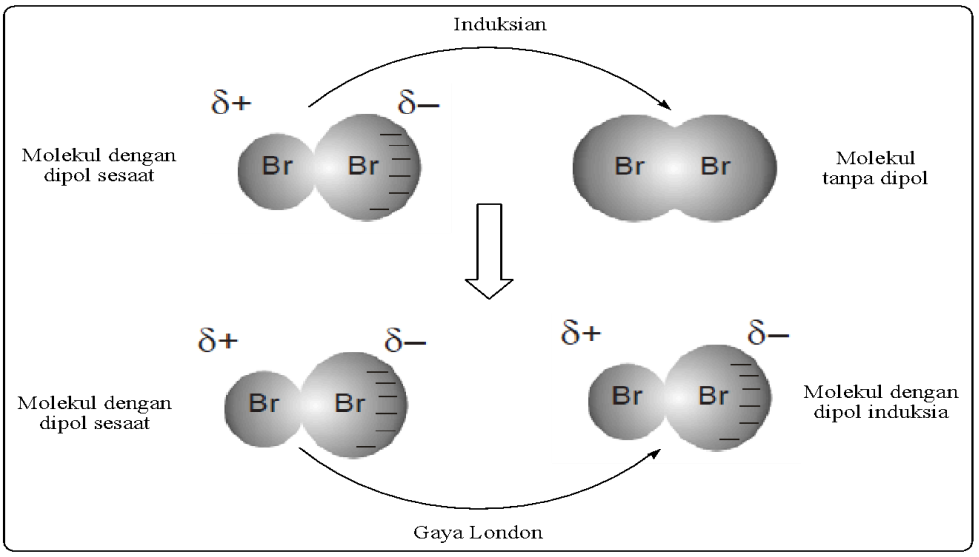
Pada waktu membahas struktur elektron, kita mengacu pada peluang untuk menemukan elektron di daerah tertentu pada waktu tertentu. Elektron senantiasa bergerak dalam orbit. Perpindahan elektron dari suatu daerah ke daerah lainnya menyebabkan suatu molekul yang secara normal bersifat nonpolar menjadi polar, sehingga terbentuk

suatu dipol sesaat. Dipol yang terbentuk dengan cara itu disebut *dipol sesaat* karena dipol itu dapat berpindah milyaran kali dalam 1 detik. Pada saat berikutnya, dipol itu hilang atau bahkan sudah berbalik arahnya.



Gambar 2. Polarisasi Awan Elektron

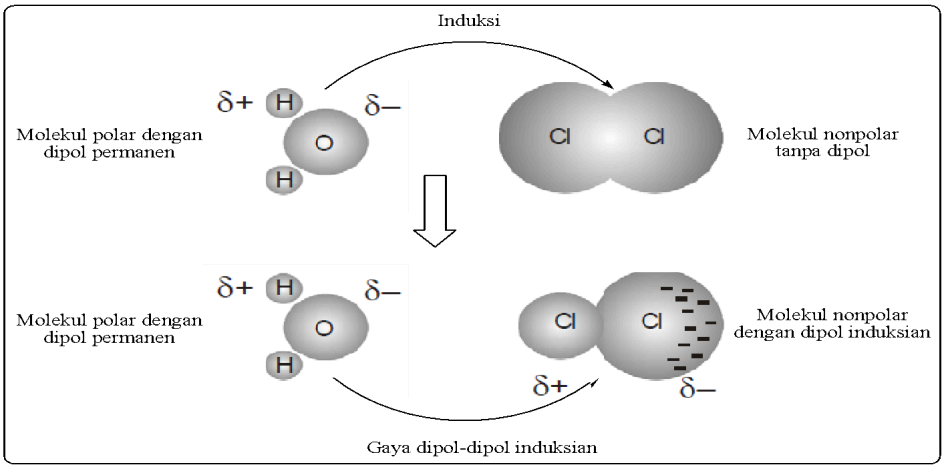
Dipol sesaat pada suatu molekul dapat mengimbas pada molekul nonpolar di sekitarnya, sehingga membentuk suatu dipol terimbas. Hasilnya adalah suatu gaya tarik-menarik antarmolekul yang lemah. Penjelasan teoritis mengenai gaya-gaya ini dikemukakan oleh **Fritz London** pada tahun 1928. Oleh karena itu gaya ini disebut *gaya London* (disebut juga *gaya dispersi*). Gambar berikut memperlihatkan proses terbentuknya gaya London.



Gambar 3. Gaya London

3. Molekul polar dengan molekul nonpolar (dipol-dipol terimbas)

Apabila molekul polar dan molekul nopolar berada pada jarak tertentu, molekul polar dapat menginduksi molekul non polar sehingga pada molekul non polartersebut terjadi dipol induksian. Setelah proses induksian berlangsung, maka antara kedua molekul tersebut terjadi gaya tarik elektrostatik yang disebut gaya dipol permanen-dipol induksian atau gaya dipol-dipol induksian. Dipol permanen pada molekul polar biasanya hanya disebut dipol. Gambar berikut menunjukan proses terbentuknya gaya dipol-dipol induksian



Gambar 4. Gaya Dipol-dipol Terinduksi

Contoh soal

Tentukan jenis interaksi antar molekul H_2S

Jawab :

Karena dalam mekul H_2S tidak terdapat ikatan H-N, H-O, ataupun H-F maka ikatan antar molekul H_2S tergolong gaya Van der Waals. Karena adanya perbedaan keelektronegatifan antara atom H dan atom S, maka akan terbentuk pegkutuban dimana atom H akan lebih positif dan S akan lebih negatif. Karena adanya momen dipol dipol yang terjadi, maka gaya yang terjadi anatara molekul H_2S adalah gaya dipol-dipol

"Jenius adalah 1% inspirasi dan 99 % keringat. Tidak ada yang dapat menggantikan kerja keras. Keberuntungan adalah sesuatu yang terjadi ketika kesempatan bertemu dengan kesiapan"

Thomas A. Edison

B. IKATAN HIDROGEN

Ikatan hidrogen secara khusus terjadi jika atom-atom hidrogen yang terkat pada atom N, O, dan F tertarik secara elektrostatik ke pasangan elektron bebas pada atom N, O, F dari molekul lain. Jadi, ikatan hidrogen terjadi antar molekul-molekul polar yang mengandung gugus O-H, N-H, dan F-H. Contohnya adalah ikatan yang terjadi antar molekul H_2O dan molekul-molekul lain yang membentuk ikatan hidrogen antar molekul seperti NH_3 dan HF.

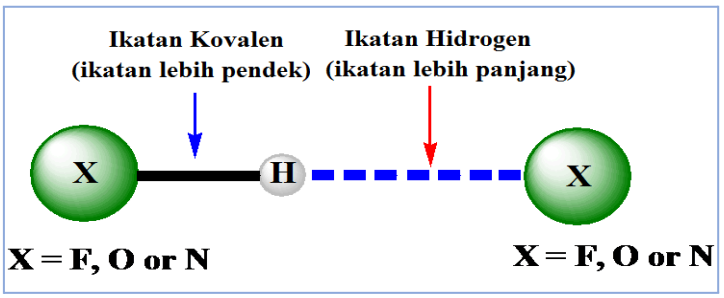
Ikatan hidrogen merupakan suatu gaya tarik-menarik dipol-dipol karena melibatkan molekul-molekul polar. Namun, ikatan hidrogen ini dibedakan dengan gaya tarik-menarik dipol-dipol karena ikatannya sangat kuat yaitu sekitar 5-10 kali lebih besar. Ikatan hidrogen terbentuk antara atom H dari suatu molekul polar dengan pasangan elektron bebas yang dimiliki atom kecil yang sangat elektronegatif dari molekul polar lainnya. Kekuatan ikatan hidrogen dapat dipahami karena atom H sendiri tidak memiliki kulit-kulit elektron terdalam sehingga elektronnya dapat tertarik sangat kuat ke atom kecil yang sangat elektronegatif tersebut. Hal ini menyebabkan inti atom H mampu mendekat dan berinteraksi dengan pasangan elektron bebas dari atom tersebut.

Tabel 1. Kelektronegatifan Unsur N, O, dan F

Unsur	Kelektronegatifan
N	3,0
O	3,5
F	4,0

Pada kasus NH_3, H_2O dan HF seharusnya terjadi penambahan gaya daya tarik antarmolekul, yang secara signifikan memerlukan energi

kalor untuk memutuskannya. Gaya antarmolekul yang relatif kuat ini digambarkan dengan ikatan hidrogen.

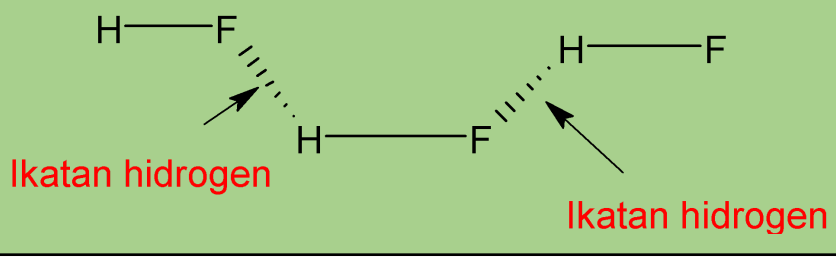


Gambar 5. Ikatan Hidrogen

Contoh Soal :

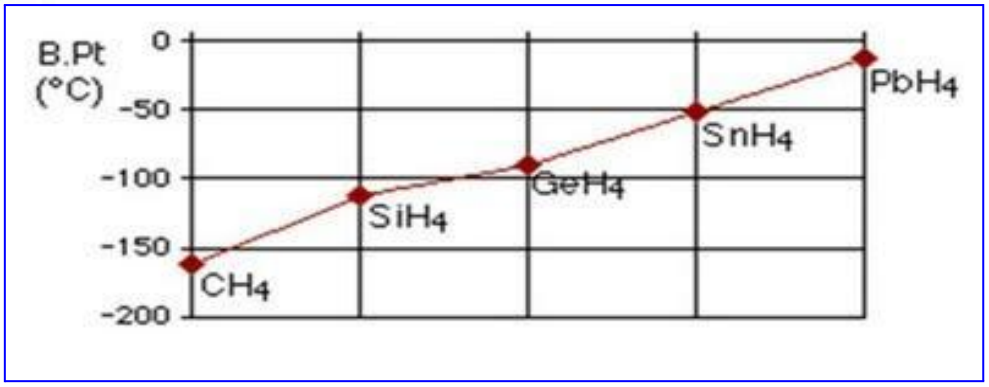
Gambarkan ikatan hidrogen yang terjadi antara molekul-molekul HF!

Jawab :



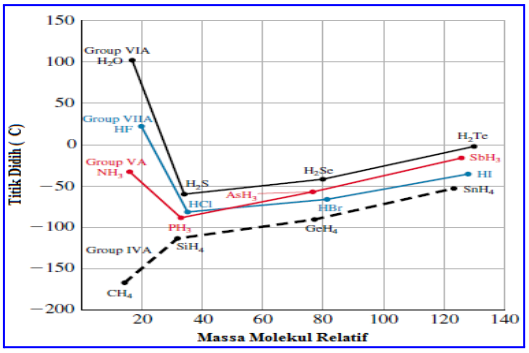
C. HUBUNGAN KEKUATAN GAYA ANTARMOLEKUL DENGAN SIFAT FISIK SENYAWA (TITIK DIDIH DAN TITIK LEBUR)

Terdapat banyak unsur yang membentuk senyawa dengan hidrogen, disebut sebagai “hidrida”. Jika kita memplotkan titik didih hidrida unsur golongan 4, kita akan menemukan bahwa titik didih tersebut naik seiring dengan menurunnya letak unsur pada golongan. Pada umumnya terdapat hubungan antara titik didih suatu senyawa dengan massa molekul relatifnya. *Titik didih akan naik jika massa molekul relatifnya juga naik.* Selain itu, kenaikan titik didih terjadi karena molekul memperoleh lebih banyak elektron, dan karena itu kekuatan dispersi van der Waals menjadi lebih besar.



Gambar 6. Grafik Kenaikan Titik Didih Senyawa Golongan IVA

Jika kita mengulangi hal yang sama untuk hidrida golongan 5, 6, 7 sesuatu yang aneh terjadi. Meskipun secara umum kecenderungannya sama persis dengan yang terjadi pada golongan 4 (dengan alasan yang sama), titik didih hidrida unsur pertama pada tiap golongan melonjak tinggi secara tidak normal.



Gambar 8. Grafik Perbandingan Antara Massa Molekul Relatif dan Titik Didih

Jumlah elektron dalam suatu molekul berbanding lurus dengan massa molekulnya, oleh karena itu kebolehpolaran suatu molekul semakin tinggi dengan bertambahnya massa molekulnya. Kenaikan kebolehpolaran molekul menyebabkan semakin mudahnya molekul tersebut membentuk dipol sesaat dan dipol induksian sehingga gaya London semakin kuat. Kebolehpolaran *(Polarisabilitas)* adalah kempuan untuk membentuk dipol sesaat.

Adanya gaya London antara molekul-molekul non polar menyebabkan pada waktu peleburan dan pendidihan diperlukan sejumlah energi untuk memperbesar jarak antara molekul-molekul nonpolar. Semakin kuat gaya London antara molekul-molekul, semakin besar pula energi yang diperlukan untuk terjadinya peleburan dan pendidihan.

Pada dasarnya kekuatan gaya London dipengaruhi oleh mudah-tidaknya awan elektron dalam molekul mengalami deformasi atau mudah tidaknya dipol sesaat dan dipol terimbas terbentuk. Ada tiga faktor yang mempengaruhinya, yakni ukuran molekul, jumlah atom di dalam molekul dan bentuk molekul.

1. **Ukuran molekul**

   Molekul dengan ukuran besar mempunyai awan elektron yang besar yang mudah terdeformasi karena elektron-elektron terluarnya cenderung tidak terikat dengan baik. Dengan demikian, dipol sesaat dan dipol terimbas semakin mudah terbentuk. Akibatnya, gaya London akan lebih kuat dibandingkan molekul dengan ukuran lebih kecil.

   Pada umumnya molekul dengan jumlah elektron yang besar akan lebih mudah mengalami polarisabilitas. Jika semakin besar nomor massa molekul relatif, maka semakin kuat pula gaya London yang bekerja pada molekul itu. Misal, dua molekul propana saling menarik dengan kuat dibandingkan dua molekul metana. Molekul dengan distribusi elektron besar lebih kuat saling menarik daripada molekul yang elektronnya kuat terikat. Misal molekul I_2 akan saling tarik-menarik lebih kuat daripada molekul F_2 yang lebih kecil. Dengan demikian titik didih I_2 akan lebih besar jika dibandingkandengan titik didih F_2.

   Semakin besar ukuran molekul, semakin besar kekuatan gaya London

2. **Jumlah atom di dalam molekul**

   Semakin banyak jumlah atom di dalam molekul, semakin banyak tempat yang tersedia untuk terbentuknya dipol sesaat dan dipol terimbas. Dengan demikian, dipol sesaat dan dipol terimbas semakin mudah terbentuk sehingga gaya London akan semakin kuat.

   Semakin banyak jumlah atom di dalam molekul, semakin besar kekuatan gaya London

3. **Bentuk Molekul**

   Molekul yang mempunyai bentuk molekul memanjang lebih mudah mengalami polarisabilitas dibandingkan dengan molekul dengan bentuk rumit, membulat atau simetris. Misal deretan

hidrokarbon dengan rantai cabang akan mempunyai titik didih lebih rendah jika dibandingkan dengan hidrokarbon dengan rantai lurus. n-butana mempunyai titik didih lebih tinggi dibandingkan isobutana yang memiliki rantai cabang.

Semakin panjang rantai karbon, semakin tinggi titik didih senyawanya

Berikut adalah titik didih dan titik lebur beberapa zat.

Tabel 2. Titik Didih dan Titik Lebur Beberapa Zat

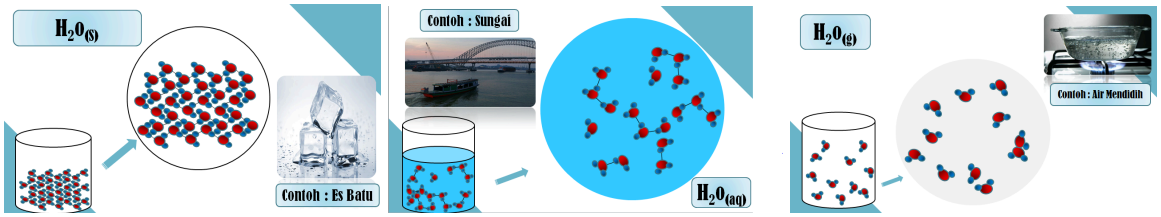
Zat	Jumlah elektron	Ar (Mr)	Titik lebur (°C)	Titik didih (°C)
He	2	4,003	-270	-269
Ne	10	20,18	-249	-246
H_2	2	2,0160	-259	-252
F_2	18	37,9968	-220	-188
I_2	106	253,8090	114	184
CH_4	10	16,0334	-182	-162
CF_4	42	88,00	-184	- 129
CCl_4	74	153,82	-23,0	76,8
CBr_4	146	331,65	92	190

Selain gaya dipol-dipol, dalam molekul polar juga terdapat gaya dispersi/gaya London. Jika membandingkan molekul yang massa molekulnya berbeda jauh, gaya london bisa lebih dominan. Sementara itu, jika massa molekulnya relatif sama, maka gaya dipol-dipol memberikan pengaruh perbedaan yang signifikan terhadap titik didih. Pada HCl dan HBr jika dimisalkan kedua senyawa tersebut hanya memiliki gaya dipol-dipol, maka titik didih HCl > HBr karena HCl memiliki momen dipol yang besar daripada HBr. Tetapi secara eksperimen menunjukkan bahwa titik didih HBr > HCl. Hal ini menunjukkan bahwa ada gaya lain yang bekerja pada antarmolekul itu.

Gaya yang lain ini berhubungan dengan banyaknya elektron yang ada pada molekul itu. Gaya yang berhubungan dengan jumlah elektron atau massa molekul suatu zat adalah *gaya London*. Jadi dalam molekul-molekul yang bersifat polar, selain terjadi gaya dipol-dipol juga terjadi gaya London. Begitu pula molekul polar dengan molekul nonpolar, selain terjadi gaya dipol-dipol induksian juga terjadi gaya London.

Air merupakan pelarut universal, yang sangat dibutuhkan manusia. Mengapa air dapat berubah dalam tiga wujud? Air akan menjadi padat jika suhunya diturunkan, tetapi jika suhu dinaikan, maka air berubah menjadi uap. Mengapa dapat demikian?

Air atau H_2O merupakan salah satu contoh senyawa yang mengandung ikatan hidrogen. Berikut adalah ilustrasi molekul H_2O dalam fase padat, cair, dan gas.



Gambar 9. Ilustrasi moleku H_2O dalam fase (i) padat, (ii) cair, dan (iii) gas

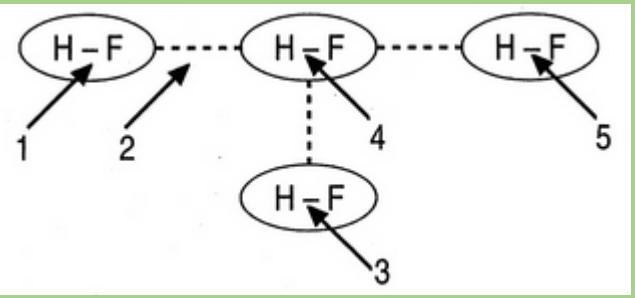
Contoh H_2O dalam fase padat salah satu contohnya adalah es batu, molekul H_2O tersusun sangat rapat antara satu molekul dengan molekul yang lain. Molekul H_2O dalam fase cair contohnya adalah air sungai, molekul-molekul H_2O dapat bergerak bebas. Sedangkan, pada peristiwa air mendidih, molekul H_2O lama-kelamaan akan berubah dari fase cair menjadi fase gas. Berikut adalah sifat-sifat dari masing-masing zat :

1. MOLEKUL PADAT
   - Struktur zat sangat rapi
   - Energi kinetik (energi gerak dan vibrasi) sangat kecil
   - Hanya bisa bervibrasi
   - Tidak dapat mengalir dan kaku
   - Tegangan permukaan susah diukur
2. MOLEKUL CAIR
   - Struktur zat rapi tetapi meiliki derajat kebebasan tinggi
   - Energi kinetik tinggi, tetapi materi bisa bergerak/ bergantian posisi
   - Vibrasi molekul dapat berlangsung
   - Dapat mengalir dan kekakuan rendah
   - Tegangan permukaan mudah diukur
3. MOLEKUL GAS
   - Struktur zat tidak rapi, dan memiliki derajat kebebasan sangat tinggi

- Energi kinetik (sangat tinggi dan gaya atraktif sangat besar karena tiap materi bisa bergerak bebas secara individual
- Vibrasi molekul dapat berlangsung bebas
- Dapat mengalir dan kekakuan tidak ada
- Tegangan permukaan susah diukur

Contoh Soal :

Berikut ini merupakan gambar struktur ikatan tak sebenarnya dari molekul H_2O :



Ikatan hidrogen pada struktur tersebut terdapat pada nomor ....

A. (1)
B. (2)
C. (3)
D. (4)
E. (5)

Jawab : B. (2)

Perlu Kamu Tahu

Kekuatan Gaya Antarmolekul :

Ikatan Hidrogen > Gaya dipol-dipol > Gaya dipol–dipol terinduksi >
Gaya dipol sesaat–dipol sesaat

"Ketika satu pintu tertutup, pintu lain terbuka; namun terkadang kita melihat dan menyesali pintu tertutup tersebut terlalu lama hingga kita tidak melihat pintu lain yang telah terbuka"

Alexander Graham Bell