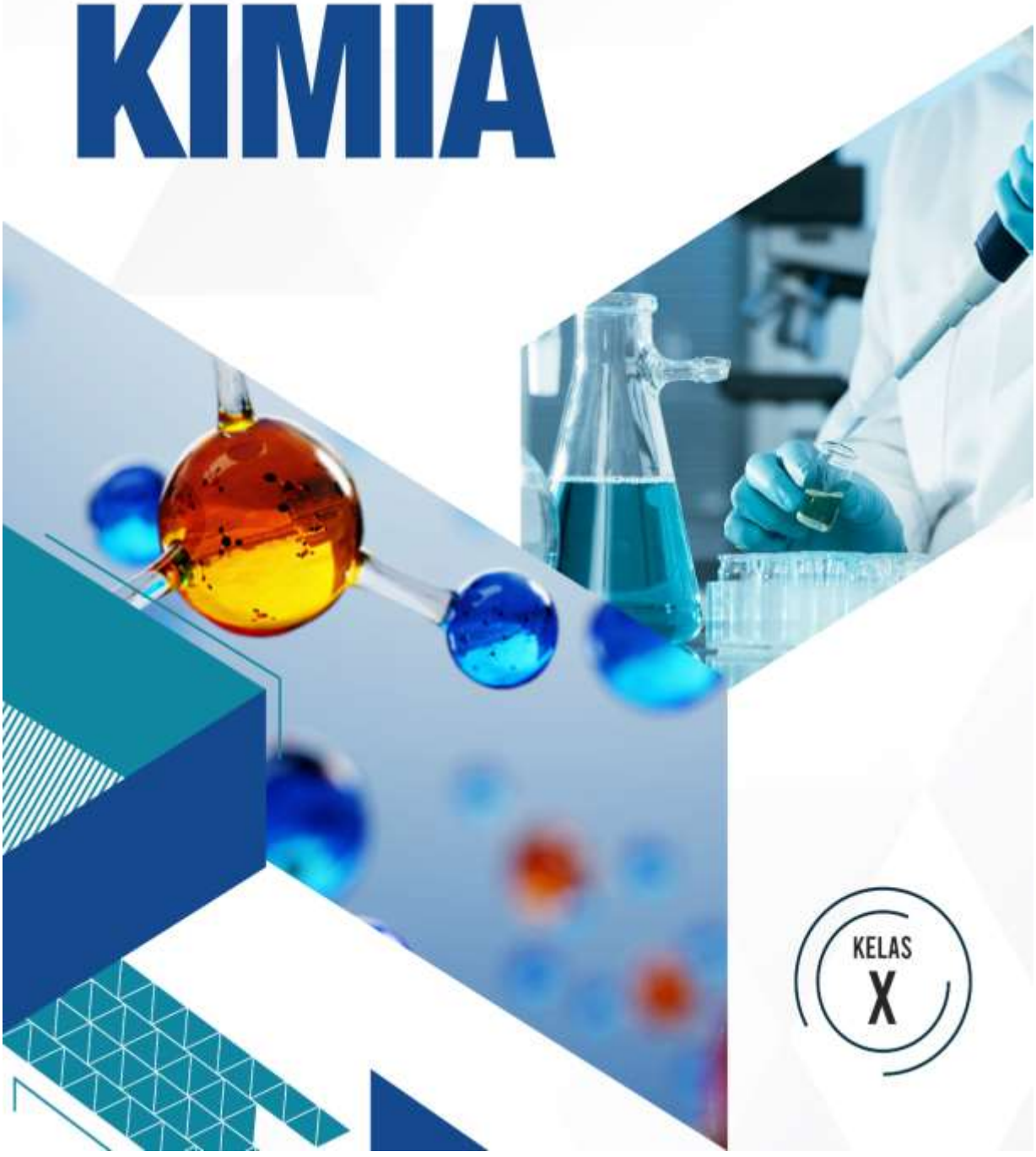
KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN ANAK USIA DINI,
PENDIDIKAN DASAR DAN PENDIDIKAN MENENGAH
DIREKTORAT SEKOLAH MENENGAH ATAS
2020

Modul Pembelajaran SMA

KIMIA



KELAS
X

Daftar Isi

Penyusun iii

Peta Konsep 1

Glosarium 2

Pendahuluan 3

A. Identitas Modul 3

B. Kompetensi Dasar 3

C. Deskripsi 3

D. Petunjuk Penggunaan Modul 3

E. Materi Pembelajaran 3

Kegiatan Pembelajaran 1 4

a. Tujuan Pembelajaran 4

b. Uraian Materi 4

c. Rangkuman Materi 8

d. Tugas 8

e. Latihan 9

f. Penilaian Diri 10

Kegiatan Pembelajaran 2 11

a. Tujuan Pembelajaran 11

b. Uraian Materi 11

c. Rangkuman Materi 14

d. Tugas 14

e. Latihan 16

f. Penilaian diri 17

F. Evaluasi 18

Daftar Pustaka 20

Lampiran 21

GAYA ANTAR MOLEKUL

KELAS X

Penyusun
MUHAMMAD FADLI RASYID

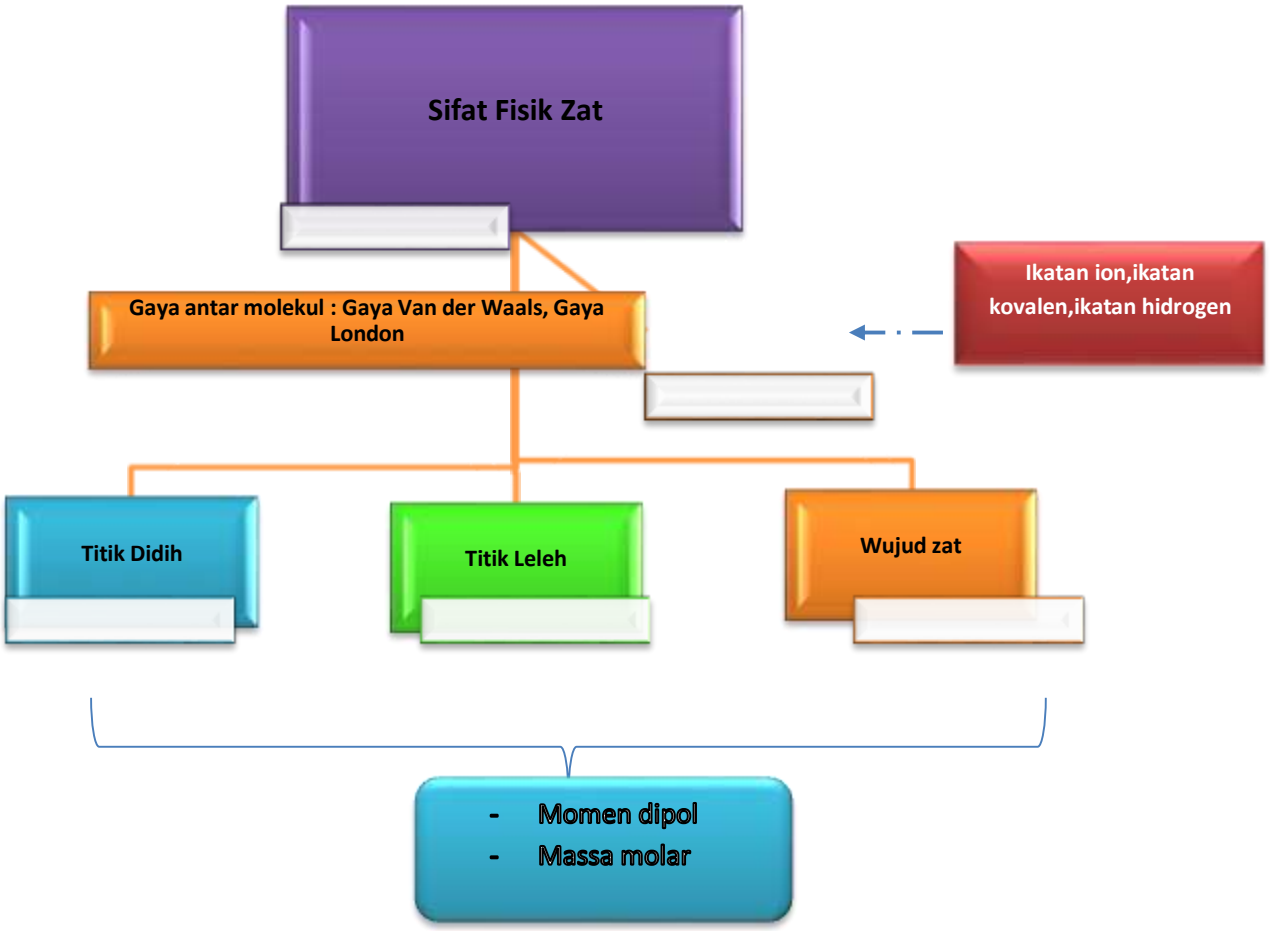
SMAN-7 TANJUNGPINANG

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
DIREKTORAT JENDERAL PAUD, DIKDAS DAN DIKMEN
DIREKTORAT SEKOLAH MENENGAH ATAS

2020

@2020, Direktorat Sekolah Menengah Atas

Peta Konsep


Sifat Fisik Zat
Gaya antar molekul : Gaya Van der Waals, Gaya London
Ikatan ion,ikatan kovalen,ikatan hidrogen
Titik Didih
Titik Leleh
Wujud zat
- Momen dipol
- Massa molar

Glosarium

Momen Dipol	:	Tingkat kepolaran molekul
Ikatan Hidrogen	:	Ikatan yang terjadi antara atom H dengan atom lain yang memiliki pasangan elektron bebas
Titik Didih	:	Suhu ketika tekanan uap sebuah zat cair sama dgn tekanan eksternal yg dialami oleh cairan
Titik Leleh	:	Titik leleh adalah temperatur dimana zat padat berubah wujud menjadi zat cair pada tekanan suatu atmosfer
Senyawa Polar	:	Senyawa yang terbentuk dari suatu ikatan antar electron pada unsur unsurnya karena memiliki kelektronegatifan yang berbeda.
Senyawa Non Polar	:	Senyawa yang terbentuk dari suatu ikatan antar electron pada unsur unsurnya karena memiliki kelektronegatifan yang hamper sama.
Gaya London	:	gaya tarik menarik yang sifatnya lemah antara atom atau molekul yang timbul dari pergerakan elektron yang acak disekitar atom-atom

Pendahuluan

A. Identitas Modul

Nama Mata Pelajaran	: Kimia
Kelas	: X/ semester 1
Alokasi waktu	: 3 jam pelajaran 2x pertemuan
Judul Modul	: Gaya Antar Molekul

B. Kompetensi Dasar

3.7 Menghubungkan interaksi antar ion, atom dan molekul dengan sifat fisika zat

4.7 Menerapkan prinsip interaksi antar ion, atom dan molekul dalam menjelaskan sifat-sifat fisik zat di sekitarnya

C. Deskripsi

Pernahkah kalian berfikir mengapa benda – benda ini begitu berbeda? Mengapa belerang sangat rapuh dan tidak dapat ditempa seperti besi? Mengapa lilin meleleh jika dibakar, sedangkan kertas atau kayu tidak? Mengapa air dapat membeku menjadi es? Mengapa kita menggunakan grafit untuk pensil, bukan arang atau intan padahal ketiganya sama – sama karbon?Mengapa air dan minyak tidak memiliki titik didih yang sama ?
Sama seperti, setiap kata dan kalimat yang memberi arti berbeda tergantung pada bagaimana kalian merangkainya, sifat – sifat benda atau senyawa juga tergantung pada unsur dan bagaimana cara unsur itu bergabung.

Dalam modul ini kita akan mempelajari interaksi antara ion,atom dan molekul dengan sifat zat.

D. Petunjuk Penggunaan Modul

Agar modul dapat digunakan secara maksimal maka kalian diharapkan melakukan langkah- langkah sebagai berikut :

1. Pelajari dan pahami peta materi yang disajikan dalam setiap modul
2. Pelajari dan pahami tujuan yang tercantum dalam setiap kegiatan pembelajaran
3. Pelajari uaraian materi secara sistematis dan mendalam dalam setiap kegiatan pembelajaran.
4. Lakukan pengerjaan tugas untuk mengetahui tingkat penguasaan materi.
5. Lakukan pengerjaan latihan untuk mengetahui tingkat penguasaan materi
6. Diskusikan dengan guru atau teman jika mengalami kesulitan dalam pemahaman materi.Lanjutkan pada modul berikutnya jika sudah mencapai ketuntasan yang diharapkan.

E. Materi Pembelajaran

Materi yang akan dibahan pada modul ini meliputi :

1. Interaksi antar molekul
2. Ikatan Hidrogen

Kegiatan Pembelajaran 1

a. Tujuan Pembelajaran

1. Setelah mempelajari modul ini, peserta didik mampu menjelaskan tentang gaya antar molekul.
2. Setelah mempelajari modul ini, peserta didik mampu membedakan senyawa polar dan non polar melalui data momen dipol

b. Uraian Materi

INTERAKSI ANTAR MOLEKUL

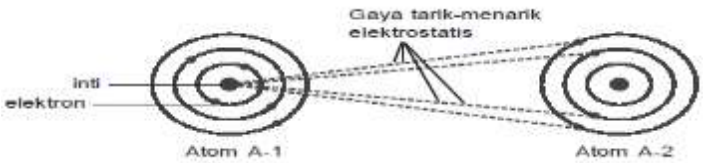
Dalam kehidupan sehari-hari, kita menemukan berbagai jenis zat yangpartikelnya berupa molekul dan berbeda fasa. Dalam fasa gas, pada suhu tinggi dan tekanan yang relatif rendah (jauh di atas titik didihnya), molekul-molekul benar-benar berdiri sendiri, tidak ada gaya tarik antarmolekul. Akan tetapi, 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 energiuntuk mengatasi gaya tarik-menarik antar molekul. Makin kuat gaya tarik antar molekul, makin banyak energi yang diperlukan untuk mengatasinya, maka semakin tinggi titik cair atau titik didih.

Gaya Antar Molekul

1. Gaya Van Der Waals

> Gaya Van Der Waals merupakan salah satu jenis gaya tarik menarik diantara molekul. Gaya ini timbul dari gaya London dan gaya antardipol-dipol. Jadi, gaya Van Der Waals dapat terjadi pada molekul nonpolar maupun molekul polar.
>
> Gaya ini diusulkan pertama kalinya oleh Johannes Van der Waals (1837-1923). Konsep gaya tarik antar molekul ini digunakan untuk menurunkan persamaan tentang zat-zat yang berada pada fase gas.

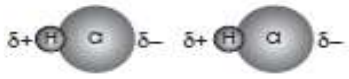
Kejadian ini disebabkan adanya gaya tarik-menarik antara inti atom dengan elektron atom lain yang disebut gaya tarik menarik elektrostatis (gaya coulomb). Umumnya terdapat pada senyawa polar.



Untuk molekul non polar, gaya Van der Waals timbul karena adanya dipol-dipol sesaat atau gaya London.

Gaya Van der Waals bekerja bila jarak antar-molekul sudah sangat dekat, tetapi tidak melibatkan terjadinya pembentukan ikatan antar atom. Misalnya, pada suhu -160°C molekul Cl_2 akan mengkristal dalam lapisan tipis, dan gaya yang bekerja untuk menahan lapisan-lapisan tersebut adalah gaya Van der Waals.
Paling sedikit terdapat tiga gaya antarmolekul yang berperan dalam terjadinya gaya Van der Waals, yaitu gaya orientasi, gaya imbas, dan gaya dispersi.

a. *Gaya orientasi/Gaya dipol-dipol*
   Gaya orientasi terjadi pada molekul-molekul yang mempunyai dipol permanen atau molekul polar. Antar aksi antara kutub positif dari satu molekul dengan kutub negatif dari molekul yang lain akan menimbulkan gaya tarik menarik yang relatif lemah. Gaya ini memberi sumbangan yang relatif kecil terhadap gaya Van der Waals secara keseluruhan



Gambar 1

Kekuatan gaya orientasi ini akan semakin besar bila molekul-molekul tersebut mengalami penataan dengan ujung positif suatu molekul mengarah ke ujung negatif dari molekul yang lain.

b. *Gaya imbas/Gaya dipol-dipol terinduksi*

Gaya imbas terjadi bila terdapat molekul yang dipol permanen berinteraksi dengan molekul dipol sesaat dengan dipol permanen. Adanya molekul-molekul polar akan menyebabkanimbasan dari kutub molekul polar kepada molekul nonpolar, sehingga elektron-elektron dari molekul nonpolar tersebut mengumpul pada salah satu sisi molekul (terdorong atau tertarik), yang menimbulkan terjadinya dipol sesaat pada molekul nonpolar tersebut

Terjadinya dipol sesaat akan berakibat adanya gaya tarik-menarik antardipol tersebut yang menghasilkan gaya imbas. Gaya imbas juga memberikan andil yang kecil terhadap keseluruhan gaya Van der Waals.

Gambar 2

Jarak antar molekul yang berjauhan mengakibatkan molekul nonpolar (Cl_2) belum terjadi imbas, tetapi bila sudah dekat akan terjadi imbasan.

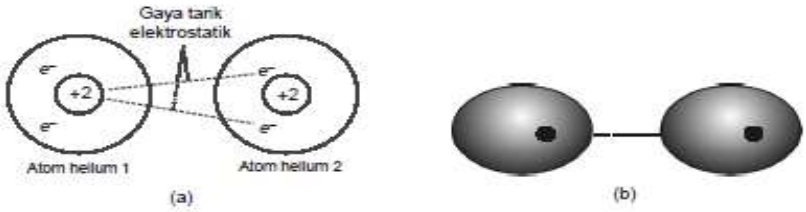
Molekul polar (H_2O) mempunyai dipol permanen. Akibat terimbas, molekul nonpolar (Cl_2) akan menjadi dipol permanen

2. Gaya London/Gaya Dispersi/Gaya Tari Menarik dipol Sesaat-dipol Terimbas

Gaya London adalah gaya tarik menarik yang sifatnya lemah antara atom atau molekul yang timbul dari pergerakan elektron yang acak disekitar atom-atom. Karena elektron bergerak secara acak disekitar inti atom, maka suatu saat terjadi ketidakseimbangan muatan didalam atom. Akibatnya terbentuk dipol sesaat.

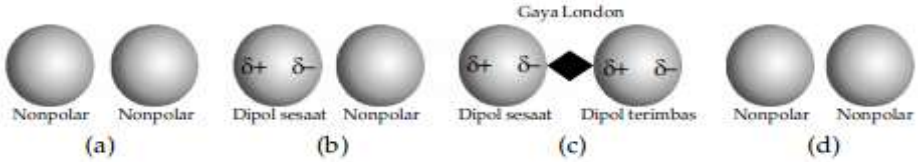
Dipol-dipol yang berlawanan arah ini saling berikatan walau sifatnya lemah. Adanya gaya-gaya ini terutama terdapat pada molekul-molekul nonpolar yang dikemukakan pertama kalinya oleh Fritz London.

Perhatikan Gambar 3, setiap atom helium mempunyai sepasang elektron. Apabila pasangan elektron tersebut dalam peredarannya berada pada bagian kiri atom, maka bagian kiri atom tersebut menjadi lebih negatif terhadap bagian kanan yang lebih positif. Akan tetapi karena pasangan elektron selalu beredar maka dipol tadi tidak tetap, selalu berpindah-pindah (bersifat sesaat). Polarisasi pada satu molekl akan mempengaruhi molekul tetangganya, Antara dipol-dipol sesaat tersebut terdapat suatu gaya tarik menarik yang mempersatukan molekul-molekul nonpolar dalam zat cair atau zat padat.



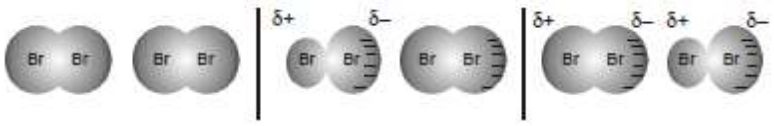
Gambar 3. Dua skema yang menggambarkan pembentukan dipol sesaat

Pada atom-atom helium



Berdasarkan gambar di atas dapat dijelaskan sebagai berikut.

1. Molekul nonpolar mempunyai sebaran muatan lautan electron setimbang dan simetris dalam keadaan normal, electron terdistribusi merata dalam molekul.
2. Pada waktu-waktu tertentu (sesaat) dapat terjadi pengutuban atau pembentukan dipol yang disebut dipol sesaat.
3. Sisi bermuatan parsial negatif dari dipol sesaat akan mempengaruhi kerapatan elektron molekul terdekat sehingga membentuk dipol, hal ini memungkinkan dua molekul membentuk ikatan yang disebut Gaya London .
4. Gaya tarik-menarik ini hanya berlangsung sesaat, dikarenakan dipol sesaat dan terimbas muncul mengikuti fluktuasi elektron.



Gambar 4. Terjadinya dipol sesaat

Molekul mempunyai sifat polarisabilitas berbeda-beda. Polarisabilitas merupakan kemudahan suatu molekul untuk membentuk dipol sesaat atau mengimbas suatu dipol. Polarisabilitas sangat erat hubungannya dengan massa relatif molekul dan kerumitan molekul .

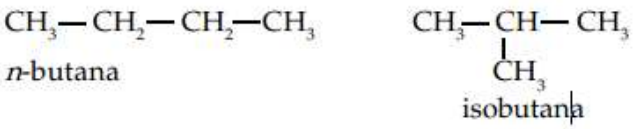
1. Massa relatif molekul

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.

2. 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. Normal butana mempunyai titik didih lebih tinggi dibandingkan isobutana yang memiliki rantai cabang.



Gaya Tarik Dipol-dipol

Molekul yang sebaran muatannya tidak simetris, bersifat polar dan mempunyai dua ujung yang berbeda muatan (dipol). Dalam zat polarmolekulnya cenderung menyusun diri dengan ujung (pol) positif berdekatandengan ujung (pol) negatif dari molekul di dekatnya. Suatu gaya tarik-menarikyang terjadi disebut *gaya tarik dipol-dipol*dibandingkan gaya dispersi (gaya London), sehingga zat polar cenderungmempunyai titik cair dan titik didih lebih tinggi dibandingkan zat nonpolaryang massa molekulnya kira-kira sama. Contohnya normal butana dan aseton

Gaya-gaya antarmolekul, yaitu gaya dispersi (gaya London) dan gaya dipoldipol,secara kolektif disebut gaya Van Der Waals. Gaya dispersi setiapzat, baik polar maupun nonpolarzatpolar menambah gaya dispersi dalam zat itu. Dalam membandingkan zat - zatyang mempunyai massa molekul relatif (Mr) kira-kira sama, adanya gayadipol-dipoldapat menghasilkan perbedaan sifat yang cukup nyata. Misalnya,normalbutana dengan aseton. Akan tetapi dalam membandingkan zat dengan Massamolekul relatif (Mr) yang berbeda jauh, gaya dispersi menjadi lebihpenting.Misalnya, HCl dengan HI, HCl (momen dipol = 1,08) lebih polar dariHI(momen dipol = 0,38). Kenyataannya, HI mempunyai titik didih lebih tinggidaripadaHCl. Fakta itu menunjukkan bahwa gaya Vlebihkuat daripada HCl. Berarti, lebih polarnya HCl tidak cukup untukmengimbangikecenderungan peningkatan gaya dispersi akibat pertambahanmassamolekul dari HI.

Kemudahan suatu molekul untuk membentuk dipol sesaat atau untuk mengimbas suatu molekul disebut *polarisabilitas*. Polarisabilitas berkaitan dengan massa molekul relatif (*M*) dan bentuk molekul. Pada umumnya, makin banyak jumlah elektron dalam molekul, makin mudah mengalami polarisasi. Oleh karena jumlah elektron berkaitan dengan massa molekul relatif, makadapat dikatakan bahwa makin besar massa molekul relatif, makin kuat gaya London. Misalnya, radon (*Ar* = 222) mempunyai titik didih lebih tinggi dibandingkan helium (*A* = 4), 221 K untuk Rn dibandingkan dengan 4 K untuk He. Molekul yang bentuknya panjang lebih mudah mengalami polarisasi dibandingkan molekul yang kecil, kompak, dan simetris. Misalnya, normal pentana mempunyai titik cair dan titik didih yang lebih tinggi dibandingkan neopentana. Kedua zat itu mempunyai massa molekul relatif yang sama besar.

c. Rangkuman Materi

- Interaksi antara atom - atom dalam senyawa atau kumpulan molekul dalam senyawa yang mengalami gaya tarik menarik disebut gaya antarmolekul. Gaya antarmolekul berkaitan erat dengan sifat fisik zat yang bersangkutan. Interaksi pada senyawa senyawa kimia dibedakan antara interaksi intramolekul dan antar molekul. Interaksi intra molekul terjadi pada sebuah atom dengan atom yang lain yang mengalami gaya tarik menarik untuk membentuk molekul yang disebut dengan ikatan kimia.
- Interaksi antar molekul adalah interaksi kimia yang terjadi antara atom dalam suatu molekul dengan molekul yang lain dengan mengalami gaya tarik menarik.
- Gaya antar molekul berdasarkan kekuatan dari yang terlemah hingga yang terkuat sebagai berikut :
- Gaya Van der Waals merupakan interaksi antar molekul yang sangat lemah. Gaya Van der Waals pada awal abad XX, dikemukakan oleh Johannes Diderik Van der Waals. Gaya ini dibagi dua yaitu gaya london dan gaya tarik dipol.
- Gaya London, merupakan gaya tarik menarik antar molekul nonpolar akibat adanya dipol terimbas yang ditmbulkan oleh perpindahan elektron dari satu orbital ke orbital yang lain membentuk dipol sesaat. Jenis gaya ini umumnya terjadi di antara molekul - molekul kovalen nonpolar.

d. Tugas

Momen dipol (μ) merupakan jumlah vektor dari momen ikatan dan momen pasangan elektron bebas dalam suatu molekul. Molekul dikatakan bersifat polar jika memiliki $\mu > 0$ atau $\mu \neq 0$ dan dikatakan bersifat nonpolar jika memiliki $\mu = 0$. Titik didih suatu zat itu berbanding lurus dengan momen dipolnya bila massa molar zat-zat tersebut tidak besar perbedaannya. Semakin tinggi momen dipol maka titik didih zat tersebut akan semakin tinggi pula. Bila massa molar memiliki perbedaan yang besar tentu massa molar akan turut mempengaruhi.

Berdasarkan hal tersebut , manakah dari kelima senyawa dalam tabel berikut yang diperkirakan memiliki titik didih tertinggi?

Zat	Massa molar (g/mol)	Momen dipol (Debye)
Propana ($CH_3CH_2CH_3$)	44	0,1
Dimetileter (CH_3OCH_3)	46	1,3
Metilklorida (CH_3Cl)	50	1,9
Asetaldehid (CH_3CHO)	44	2,7
Asetonitril (CH_3CN)	41	3,9

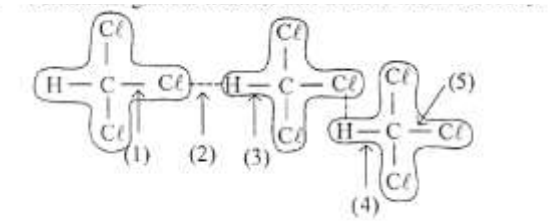
Senyawa yang memiliki titik didih tertinggi adalah …..... (tuliskan senyawanya)

Alasannya :

……
……
……
……
……

e. Latihan

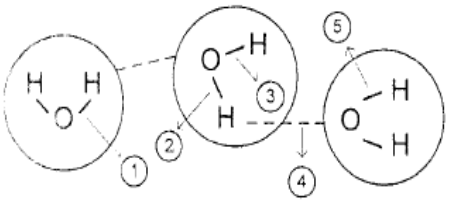
1. Perhatikan gambar ilustrasi dari trikloro metana $CHCl_3$:



Gaya antar dipol ditunjukkan oleh nomor ....

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

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



Ikatan hydrogen pada struktur tersebut terdapat pada nomor ....

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

3. Gaya London atau gaya dispersi pada molekul-molekul non polar terjadi karena terbentuk ... dan ...
    1. Dipol permanen dan dipol permanen
    2. Dipol sesaat dan dipol terinduksi
    3. Dipol permanen dan dipol sesaat
    4. Dipol terinduksi dan dipol terinduksi
    5. Ikatan hidrogen

4. Selesaikan permasalahan berikut:

Bila diketahui (Ar H = 1, C = 12, N = 14, O = 16, F = 19 dan S = 32), maka manakah diantara senyawa-senyawa berikut N_2O, C_3H_8, SO_2 dan HF, yang memiliki :

1. Titik didih paling tinggi
2. Titiki didih paling rendah

f. Penilaian Diri

Setelah mempelajari modul ini maka jawablah pertanyaan yang terdapat dalam tabel penilaian diri berikut dengan memberikan tanda centang (√)

Uraian	Ya	Belum
Setelah mempelajari modul ini,saya mengetahui tentang gaya antar molekul		
Setelah mempelajari modul ini, saya dapat mengetahui pengaruh momen dipol terhadap tingkat kepolaran		
Setelah mempelajari modul ini, saya dapat menentukan urutan kenaikan titik didik dari yang terkecil sampai yang terbesar ,demikian pula sebaliknya		

Kegiatan Pembelajaran 2

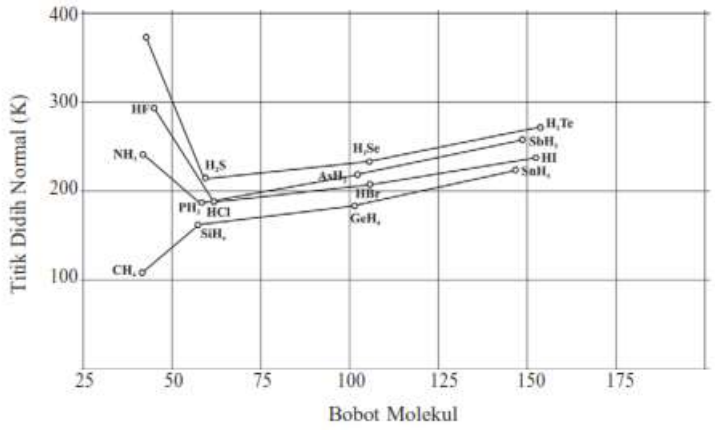
a. Tujuan Pembelajaran

1. Setelah mempelajari modul ini, peserta didik mampu menjelaskan tentang ikatan hidrogen
2. Setelah mempelajari modul ini, peserta didik mampu membedakan molekul yang memiliki ikatan hidrogen.

b. Uraian Materi

Ikatan Hidrogen

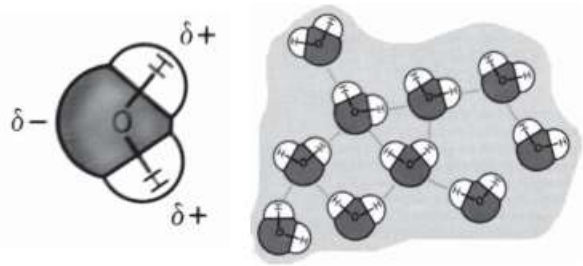
Antara molekul-molekul yang sangat polar dan mengandung atom hydrogenterjadi ikatanhidrogen.Titik didih senyawa "hidrida" dari unsur-unsur golonganA, VA, VIA, dan VIIA, diberikan pada gambar berikut.



Gambar : Titik didih senyawa hidrida dari unsur-unsur golongan IVA, VA, VIA, dan VIIA. Sumber: Chemistry,The Molecular Nature of Matter and Change, Martin S. Silberberg.2000.

Perilaku normal ditunjukkan oleh senyawa hidrida dari unsur-unsur golongan IVA, yaitu titik didih meningkat sesuai dengan penambahan massa molekul. Kecenderungan itu sesuai dengan yang diharapkan karena dari CH ke SnH massa molekul relatif meningkat, sehingga gaya Van der Waals juga makin kuat. Akan tetapi, ada beberapa pengecualian seperti yang terlihat pada gambar, yaitu HF, H2O, dan NH_3. Ketiga senyawa itu mempunyai titik didih yang luar biasa tinggi dibandingkan anggota lain dalam kelompoknya. Fakta itu menunjukkan adanya gaya tarik-menarik antarmolekul yang sangat kuat dalam senyawa-senyawa tersebut. Walaupun molekul HF, H2O, dan NH_3bersifatpolar,gaya dipol-dipolnya tidak cukup kuat untuk menerangkan titik didih yang mencolok tinggi itu.

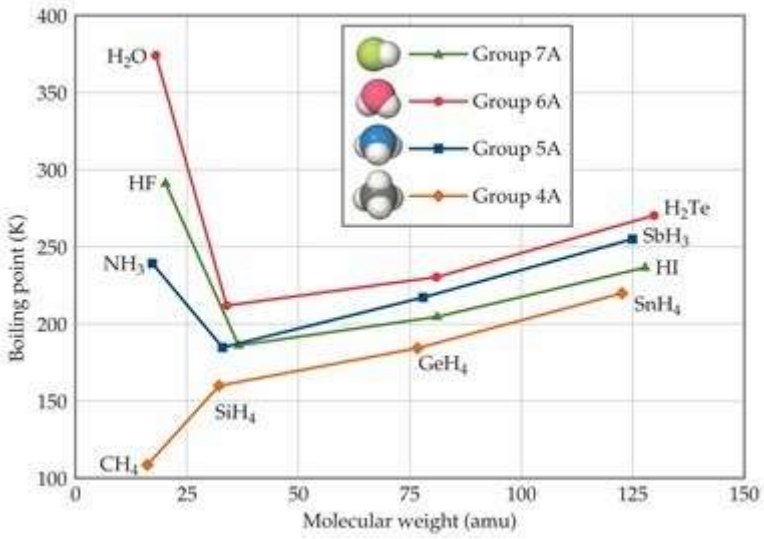
Perilaku yang luar biasa dari senyawa-senyawa yang disebutkan di atasdisebabkan oleh ikatan lain yang disebut *ikatan hidrogen* (James E. Brady,2000). Oleh karena unsur F, O, dan N sangat elektronegatif, maka ikatan F – H, O – H, dan N – H sangat polar, atom H dalam senyawa-senyawa itu sangat positif. Akibatnya, atom H dari satu molekul terikat kuat pada atom unsur yang sangat elektronegatif (F, O, atau N) dari molekul tetangganya melalui pasangan elektron bebas pada atom unsur berkeelektronegatifan besar itu. Ikatan hidrogen dalam H2O disajikan pada gambar berikut :



Gambar : Molekul polar air (kiri) dan ikatan hidrogen pada air (kanan). Sumber:Chemistry, The Molecular Nature of Matter and Change, Martin S. Silberberg. 2000.

Ikatan Hidrogen dan Sifat Fisis

Sifat fisis seperti titik lebur dan titik didih sangat dipengaruhi oleh gaya interaksi antar-molekul. Adanya ikatan hidrogen sebagai gaya interaksi antar-molekul yang paling kuat memberikan pengaruh yang signifikan pada titik didih beberapa senyawa hidrida biner dari unsur-unsur golongan IVA hingga VIIA. Berikut grafik yang menunjukkan titik didih dari senyawa-senyawa biner hidrogen dan unsur golongan IVA hingga VIIA.

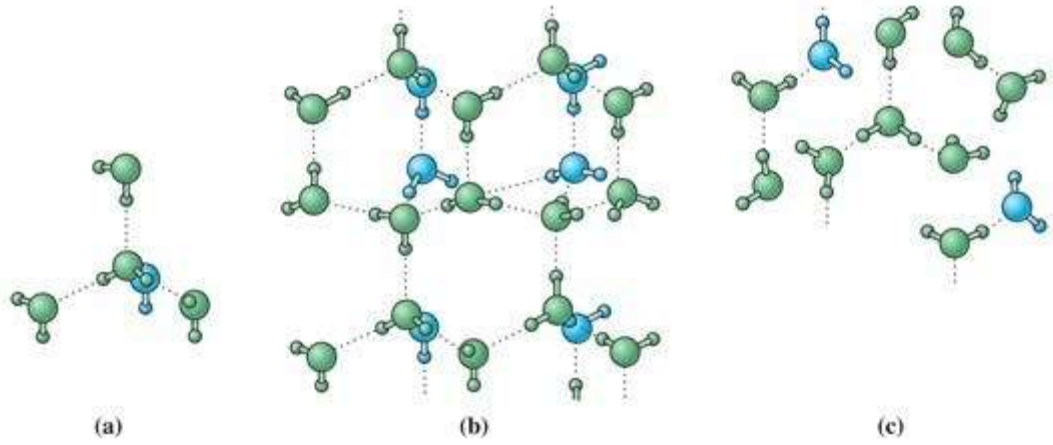


Grafik titik didih sebagai fungsi massa molekul senyawa hidrida golongan IVA–VIIA (Sumber: Brown, Theodore L. et al. 2015. Chemistry: The Central Science (13th edition). New Jersey: Pearson Education, Inc.)

Titik didih dari senyawa hidrida unsur golongan IVA (CH_4, SiH_4, GeH_4, dan SnH_4, seluruhnya nonpolar) meningkat dari atas ke bawah golongan (dari C ke Sn). Hal ini dapat dimengerti sebagai akibat dari adanya polarisabilitas dan gaya dispersi London secara umum meningkat seiring dengan bertambahnya massa molekul. Senyawa-senyawa hidrida dari golongan VA, VIA, dan VIIA secara umum juga mengikuti pola kenaikan titik didih yang sama, namun khusus untuk senyawa NH_3, H_2O, dan HF titik didihnya jauh lebih tinggi dari yang diperkirakan.
Faktanya, ketiga senyawa ini juga memiliki sifat-sifat yang membedakannya dari senyawa-senyawa lain dengan massa molekul dan polaritas yang bermiripan. Sebagai contoh, air (H_2O) memiliki titik leleh yang tinggi, kalor jenis yang tinggi, dan kalor penguapan yang tinggi. Sifat-sifat ini menunjukkan bahwa adanya gaya antar-molekul tak lazim yang kuat pada molekul-molekul ketiga senyawa tersebut, yakni ikatan hidrogen.

Ikatan Hidrogen pada Air

Pada air, satu molekul air dapat berikatan hidrogen dengan empat molekul air lain di sekitarnya dalam susunan tetrahedral seperti terlihat dalam gambar (a) di bawah. Pada es, molekul-molekul air berikatan hidrogen dalam struktur susunan yang kaku namun lebih terbuka. Struktur yang lebih terbuka (berongga) pada es seperti terlihat pada gambar (b) mengakibatkan es memiliki densitas (massa jenis) yang lebih kecil. Ketika es melebur, sebagian ikatan hidrogen putus. Hal ini menyebabkan molekul-molekul air dapat tersusun lebih rapat sehingga densitasnya meningkat seperti terlihat pada gambar (c). Dengan kata lain, jumlah molekul H_2O per satuan volum dalam wujud cair lebih banyak dibanding dalam wujud padat.



Ikatan hidrogen pada air
(Sumber: Petrucci, Ralph H. et al. 2017. General Chemistry: Principles and Modern Applications (11th edition). Toronto: Pearson Canada Inc.)

Seiring air es dipanaskan di atas titik lebur, pemutusan ikatan hidrogen terus berlanjut sehingga molekul-molekul air menjadi semakin tersusun rapat dan densitas air semakin meningkat. Air dalam wujud cair akan mencapai densitas maksimum pada suhu 3,98°C. Di atas suhu tersebut, air berperilaku "normal" seperti zat-zat lain pada umumnya sebagaimana densitas menurun seiring dengan kenaikan suhu.

Sifat anomali air ini berperan dalam beberapa fenomena-fenomena yang terjadi di bumi, seperti misalnya gunung es yang mengapung di atas perairan dan meledaknya pipa air pada musim salju. Ledakan pipa air dapat terjadi jika pendinginan terjadi secara mendadak sebagaimana air yang membeku menjadi es mengalami pemuaian. Dalam peristiwa es yang mengapung pada perairan yang membeku di musim salju,

mengapungnya bongkahan es akan menghambat terjadinya pembekuan air lebih lanjut sehingga makhluk hidup yang berada di dalam perairan dapat bertahan hidup. Tanpa adanya sifat anomali air oleh karena keberadaan ikatan hidrogen ini, perairan akan membeku dari dasar hingga ke permukaan. Hal ini tentunya akan mengakibatkan makhluk hidup di perairan tersebut terancam tidak dapat bertahan hidup selama musim salju.

Ikatan Hidrogen pada Makhluk Hidup

Reaksi-reaksi kimia pada tubuh makhluk hidup melibatkan senyawa-senyawa dengan struktur kompleks, seperti protein dan DNA, di mana dalam reaksi-reaksi tersebut ikatan-ikatan tertentu harus dapat dengan mudah diputuskan dan dibentuk kembali. Ikatan hidrogen merupakan ikatan yang energinya pas dalam memungkinkan hal tersebut. Energi ikatan hidrogen paling besar di antara gaya-gaya interaksi antar-molekul lainnya, dan energinya relatif jauh lebih kecil dibanding ikatan kimia intramolekul seperti ikatan kovalen dan ikatan ionik.
Bentuk dari suatu molekul protein sangat dipengaruhi oleh ikatan hidrogen; jika ada ikatan-ikatan yang putus, molekul protein dapat kehilangan fungsinya. Ikatan ini juga berperan penting dalam mengikatkan kedua untai molekul DNA membentuk heliks ganda. Ikatan hidrogen yang tidak terlalu kuat ini dapat mempertahankan struktur rantai ganda DNA namun juga dapat dengan mudah diputuskan pada proses replikasi DNA dalam pembelahan sel.

c. Rangkuman Materi

- Ikatan Hidrogen, ikatan antar molekul yang bersifat sangat polar dan mengandung atom hidrogen. Ikatan hidrogen disebabkan oelh gaya tarik menarik antara atom hidrogen dari molekul yang satu dengan atom molekul lain yang snagta elektronegatif .
- Hubungan interaksi antar molekul dengan titik didih pada suatu senyawa adalah semakin kuat gaya antar molekul yang dimiliki maka semakin tinggi titik didihnya. Sebab dengan adanya gaya antar molekul yang kuat maka membutuhkan energi dan suhu yang besar untuk memutuskan ikatannya.
- Contoh penerapan hubungan interaksi antara molekul dalam kehidupan sehari-hari adalah ikatan hidrogen pada air. Air merupakan satu-satunya senyawa di alam yang memiliki tiga wujud, yaitu cair, padat, dan gas. Air merupakan senyawa kovalen yang mempunyai titik didih tinggi karena adanya ikatan hidrogen di antara molekul - molekulnya

d. Tugas

1) Ikatan hidrogen hanya dapat terbentuk di antara atom elektronegatif N, O, atau F yang memiliki pasangan elektron bebas dan atom H yang berikatan dengan atom elektronegatif N, O, atau F. Senyawa yang molekul-molekulnya dapat berikatan hidrogen harus memiliki atom N, O, atau F yang berikatan langsung dengan H (ikatan N—H, O—H, atau F—H).

Berdasarkan pernyataan dalam kalimat tersebut senyawa manakah di bawah ini yang molekul-molekulnya dapat membentuk ikatan hydrogen ? Berikan penjelasanmu.

a. $CHCl_3$
b. CH_3OH
c. CH_3F

d. CH_3NH_2
e. CH_3OCH_3
Jawab:
Molekul yang memiliki ikatan hydrogen adalah …….. (tuliskan senyawanya)
Penjelasan :
a. $CHCl_3$: tidak / memiliki ikatan hydrogen , Karena :
……
……
b. CH_3OH : tidak / memiliki ikatan hydrogen , Karena :
……
……..

c. CH_3F : tidak / memiliki ikatan hydrogen , Karena :
……
……
d. CH_3NH_2 : tidak / memiliki ikatan hydrogen , Karena :
……
……

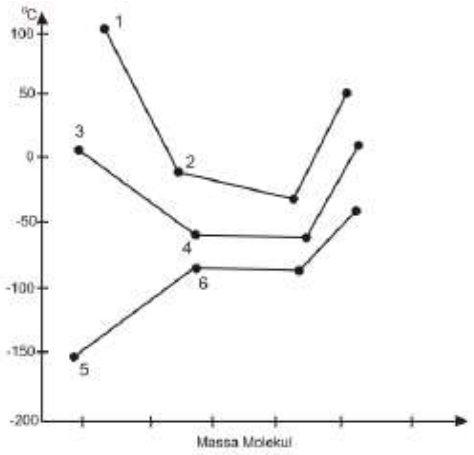
e. CH_3OCH_3 : tidak / memiliki ikatan hydrogen , Karena :
……
……

2) Lakukanlah percobaan berikut ini, kemudian kamu amati apa yang terjadi .
Alat : Gelas beaker/wadah utk memanaskan air/minyak , kompor/Bunsen penyala+kaki tiga dan thermometer ,stop watch/jam
Bahan : Air dan minyak
Petunjuk kerja :
   a. Panaskan air ,amati sampai waktu 10 menit
   b. Panaskan minyak, amati sampai waktu 10 menit
   c. Lakukan kegiatan a dan b sampai 3 kali pengulangan

Setelah melakukan kegiatan sesuai petunjuk kerja , buatlah lembar pengamatanmu.
Dari pengamatan yang kamu lakukan maka kesimpulan yang di peroleh……..
……
……
Hal ini di karenakan……..
……
……
……
……

e. Latihan

1.



Senyawa yang mengandung ikatan hydrogen antar molekulnya adalah nomor ...

A (1) dan (2)
B (1) dan (3)
C (2) dan (3)
D (3) dan (4)
E (5) dan (6)

2. Pernyataan berikut ini yang benar adalah ...
   A. Titik didih molekul yang memiliki ikatan hidrogen lebih besar daripada molekul yang memiliki gaya Van der Waals
   B. Polarisabilitas suatu molekul dipengaruhi oleh kepolaran molekul
   C. Gaya London hanya berlaku untuk molekul polar saja
   D. Gaya induksi terjadi antara molekul polar dengan molekul polar
   E. Urutan kekuatan gaya antarmolekul yaitu ikatan hidrogen > gaya London > gaya tarik-menarik dipol-dipol
3. Diketahui pasangan-pasangan senyawa berikut.
   a. NH_3 dan HF
   b. H_2O dan HCl
   c. HF dan H_2O
   d. NH_3 dan HBr
   e. NH_3 dan H_2S

   Kelompok senyawa yang dapat membentuk ikatan hidrogen adalah ...a dan c
   A. a dan e
   B. b dan c
   C. c dan d
   D. d dan e
4. Gaya yang terjadi antara molekul HCl dengan molekul HCl lain disebut ...
   A. Gaya tarik-menarik dipol-dipol
   B. Gaya induksi
   C. Gaya London
   D. Gaya Van der Waals
   E. Ikatan hidrogen

f. Penilaian diri

Setelah mempelajari modul ini maka jawablah pertanyaan yang terdapat dalam tabel penilaian diri berikut dengan memberikan tanda centang (√)

Uraian	Ya	Belum
Setelah mempelajari modul ini,saya mengetahui tentang ikatan hidrogen		
Setelah mempelajari modul ini,saya dapat menentukan senyawa yang memiliki ikatan hidrogen		
Setelah mempelajari modul ini, saya dapat mengetahui pengaruh momen dipol terhadap tingkat kepolaran		
Setelah mempelajari modul ini, saya dapat menentukan urutan kenaikan titik didik dari yang terkecil sampai yang terbesar ,demikian pula sebaliknya		

F. Evaluasi

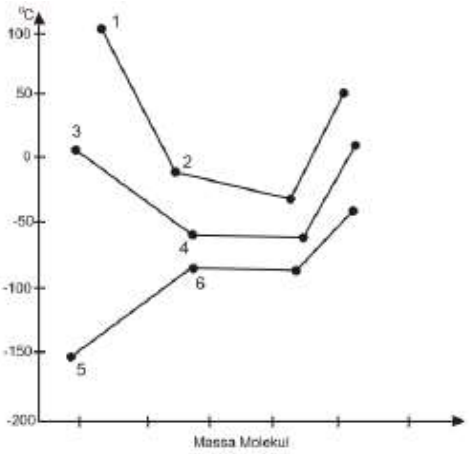
1. Senyawa manakah yang molekul-molekulnya dapat membentuk ikatan hydrogen?
   A. $CHCl_3$
   B. CH_3OH
   C. CH_3F
   D. CH_3NH_2
   E. CH_3OCH_3
2. Ikatan yang terjadi antara atom H dengan atom yang elektronegatifitasnya tinggi
   (F, O, N) disebut ...
   A. Ikatan ion
   B. Ikatan kovalen polar
   C. Ikatan kovalen non polar
   D. Ikatan hydrogen
   E. Ikatan kovalen koordinasi
3. Gaya London atau gaya dispersi pada molekul-molekul non polar terjadi karena terbentuk ... dan ...
   A. Dipol permanen dan dipol permanen
   B. Dipol sesaat dan dipol terinduksi
   C. Dipol permanen dan dipol sesaat
   D. Dipol terinduksi dan dipol terinduksi
   E. Ikatan hidrogen
4. Pernyataan berikut ini yang benar adalah ...
   A. Titik didih molekul yang memiliki ikatan hidrogen lebih besar daripada molekul yang memiliki gaya Van der Waals
   B. Polarisabilitas suatu molekul dipengaruhi oleh kepolaran molekul
   C. Gaya London hanya berlaku untuk molekul polar saja
   D. Gaya induksi terjadi antara molekul polar dengan molekul polar
   E. Urutan kekuatan gaya antarmolekul yaitu ikatan hidrogen > gaya London > gaya tarik-menarik dipol-dipol
5. Diketahui pasangan-pasangan senyawa berikut.
   A. NH_3 dan HF
   B. H_2O dan HCl
   C. HF dan H_2O
   D. NH_3 dan HBr
   E. NH_3 dan H_2S

   Kelompok senyawa yang dapat membentuk ikatan hidrogen adalah ...
   A. dan c
   B. d dan e
   C. a dan e
   D. a dan c
   E. c dan d
6. Manakah molekul yang memiliki gaya tarik-menarik dipol-dipole antarmolekulnya? (Gunakan tabel periodik yang tersedia)

A. AsH_3
B. BCl_3

C. Cl_2
D. CO_2
E. XeF_4

7. Perhatikanlah !



Senyawa yang mengandung ikatan hydrogen antar molekulnya adalah nomor ...

A (1) dan (2)
B (1) dan (3)
C (2) dan (3)
D (3) dan (4)
E (5) dan (6)

8. Gaya yang terjadi antara molekul HCl dengan molekul HCl lain disebut ...

a. Gaya tarik-menarik dipol-dipol
b. Gaya induksi
c. Gaya London
d. Gaya Van der Waals
e. Ikatan hidrogen

Daftar Pustaka

Brady,James E,1999,*Kimia Universitas,Asas dan Struktur*,*Edisi Kelima*,Binarupa Aksara, Jakarta

Hart,Harold (Suminar Achmadi),1990,*Kimia Organik Suatu Kuliah Singkat (terjemahan)*, Erlangga ,Jakarta

Petrucci, Ralph H,1987,*Kimia Dasar Prinsip dan Terapan Modern,Jilid 3*,Erlangga ,Jakarta

Respati,1986, *Pengantar Kimia Organik*,Aksara Baru, Jakarta

Unggul Sudarmo, 2016, *Kimia untuk SMA/MA Kelas X*. Erlangga. Jakarta.

https://id.wikipedia.org/wiki/Gaya_antarmolekul

https://www.studiobelajar.com/ikatan-hidrogen/

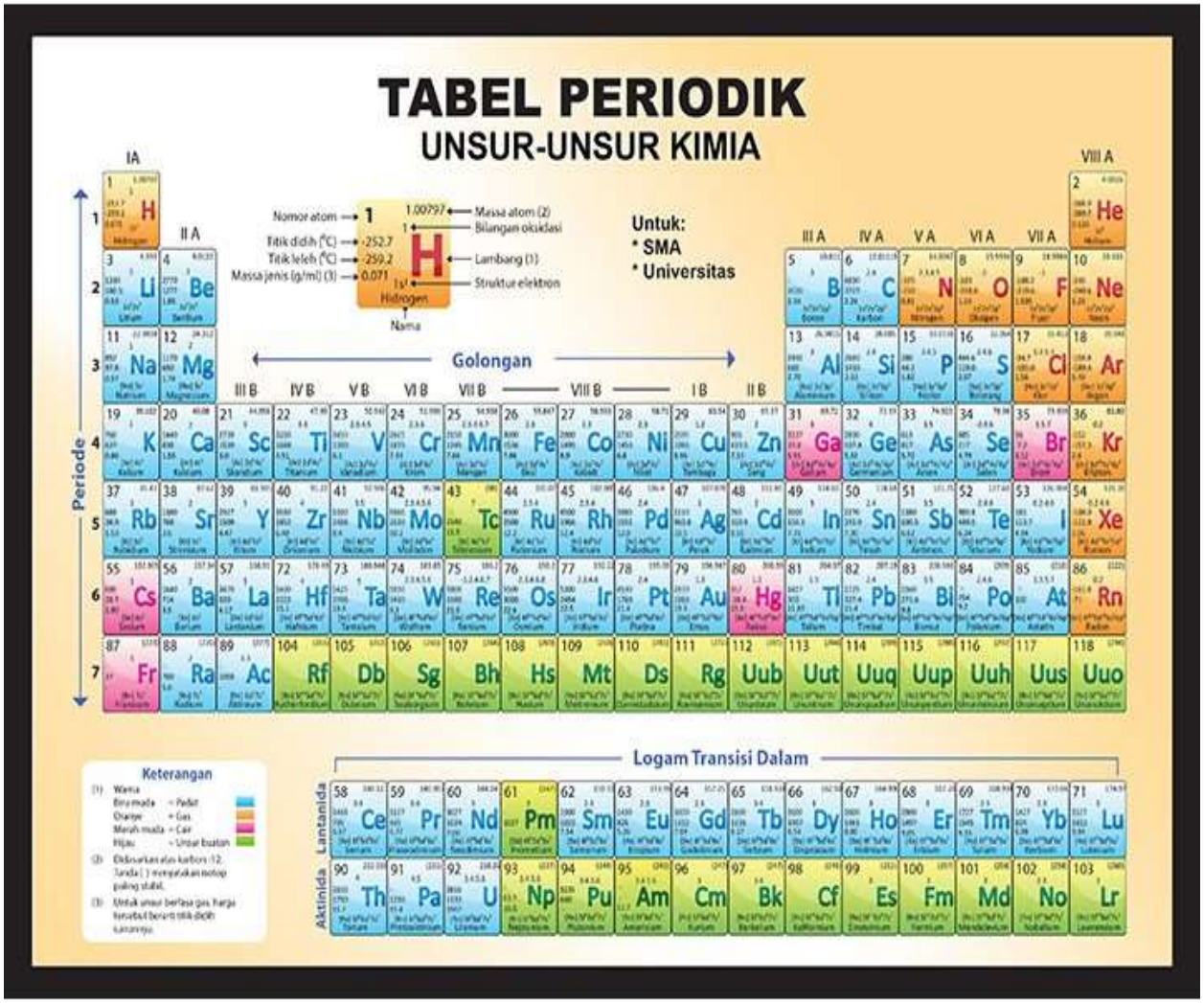
Lampiran

TABEL NOMOR MASSA DAN NOMOR ATOM

(Dari *Pure and Applied Chemistry*, Vol. 58 (1986), pp. 1677 – 1692. Copyright ♥ 1986 IUPAC)

Unsur	Simbol	Nomor Atom	Nomor Massa
Aktinium	Ac	89	227,0278
Aluminium	Al	13	26,981539
Amerisium	Am	95	243,0614
Antimonium	Sb	51	121,75
Argon	Ar	18	39,948
Arsenik	As	33	74,92159
Astatin	At	85	209,9871
Barium	Ba	56	137,327
Berkelium	Bk	97	247,0703
Berilium	Be	4	9,012182
Bismut	Bi	83	208,98037
Boron	B	5	10,811
Bromin	Br	35	79,904
Kadmium	Cd	48	112,411
Kalsium	Ca	20	40,078
Kalifornium	Cf	98	242,0587
Karbon	C	6	12,011
Serium	Ce	58	140,115
Sesium	Cs	55	132,90543
Klorin	Cl	17	35,4527
Kromium	Cr	24	51,9961
Kobalt	Co	27	58,93320
Kuprum, tembaga	Cu	29	63,546
Kurium	Cm	96	247,0703
Diprosium	Dy	66	162,50
Einsteinium	Es	99	252,083
Erbium	Er	68	167,26
Europium	Eu	63	151,965
Fermium	Fm	100	257,0951
Fluorin	F	9	18,9984032
Fransium	Fr	87	223,0197
Gadolinium	Gd	64	157,25
Galium	Ga	31	69,723
Germanium	Ge	32	72,61
Aurum, emas	Au	79	196,96654
Hafnium	Hf	72	178,49
Helium	He	2	4,002602
Holmium	Ho	67	164,93032
Hidrogen	H	1	1,00794
Indium	In	49	114,82
Iodin	I	53	126,90447
Iridium	Ir	77	192,22
Ferum, besi	Fe	26	55,847
Kripton	Kr	36	83,80
Lantanum	La	57	138,9055
Lawrensium	Lr	103	260,105
Plumbum, timbal	Pb	82	207,2
Litium	Li	3	6,941

Unsur	Simbol	Nomor Atom	Nomor Massa
Magnesium	Mg	12	24,3050
Mangan	Mn	25	54,93805
Mandalevium	Md	101	258,10
Merkurium, raksa	Hg	80	200,59
Molibdenum	Mo	42	95,94
Neodimium	Nd	60	144,24
Neon	Ne	10	20,1797
Neptunium	Np	93	237,0482
Nikel	Ni	28	58,69
Niobium	Nb	41	92,90638
Nitrogen	N	7	14,00674
Nobelium	No	102	259,1009
Osmium	Os	76	190,2
Oksigen	O	8	15,9994
Paladium	Pd	46	106,42
Fosforus	P	15	30,973762
Platinum	Pt	78	195,08
Plutonium	Pu	94	244,0642
Polonium	Po	84	208,9824
Potasium, kalium	K	19	39,0983
Praseodimium	Pr	59	140,90765
Prometium	Pm	61	144,9127
Protaktinium	Pa	91	231,03588
Radium	Ra	88	226,0254
Radon	Rn	86	222,0176
Renium	Re	75	186,207
Rodium	Rh	45	102,90550
Rubidium	Rb	37	85,4678
Rutenium	Ru	44	101,07
Samarium	Sm	62	150,36
Skandium	Sc	21	44,955910
Selenium	Se	34	78,96
Silikon	Si	14	28,0855
Argentum, perak	Ag	47	107,8682
Natrium	Na	11	22,989768
Stronsium	Sr	38	87,62
Sulfur, belerang	S	16	32,066
Tantalum	Ta	73	180,9479
Teknetium	Tc	43	98,9072
Telurium	Te	52	127,60
Terbium	Tb	65	158,92534
Talium	Tl	81	204,3833
Torium	Th	90	232,0381
Tulium	Tm	69	168,93421
Tin, timah	Sn	50	118,710
Titanium	Ti	22	47,88
Tungten, wolfram	W	74	183,85
Uranium	U	92	238,0289
Vanadium	V	23	50,9415
Xenon	Xe	54	131,29
Iterbium	Yb	70	173,04
Itrium	Y	39	88,90585
Zink, seng	Zn	30	65,39
Zirkonium	Zr	40	91,224


TABEL PERIODIK
UNSUR-UNSUR KIMIA
Untuk:
* SMA
* Universitas
Golongan
Periode
Logam Transisi Dalam
Lantanida
Aktinida
Keterangan