



PROGRAM STUDI PENDIDIKAN KIMIA  
FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN  
UNIVERSITAS NEGERI AR-RANIRY BANDA ACEH  
2024

# MODUL PERKULIAHAN IKATAN KIMIA TERINTEGRASI NILAI AL-QURAN

2032PKM030



DISUSUN OLEH : ADEAN MAYASRI, M.Sc.

## LEMBAR PENGESAHAN

### Modul Perkuliahan Ikatan Kimia Terintegrasi Nilai Al-Quran



#### Disusun oleh:

Nama Dosen: Adean Mayasri, M.Sc. (2012039201)

Telah disetujui/disahkan Ketua Program Studi untuk  
digunakan sebagai Bahan Ajar Pembelajaran  
Mata Kuliah Ikatan Kimia  
di Program Studi Pendidikan Kimia  
Fakultas Tarbiyah dan Keguruan  
UIN Ar-Raniry Banda Aceh

Banda Aceh, 23 Agustus 2024  
Ketua Prodi Pendidikan Kimia,



Sabarni, M.Pd

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga modul "Ikatan Kimia Terintegrasi Nilai Al-Quran" ini dapat diselesaikan dengan baik. Modul ini disusun sebagai bahan ajar untuk mata kuliah Ikatan Kimia yang diajarkan di Program Studi Pendidikan Kimia, Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

Modul ini dirancang untuk memberikan pemahaman yang komprehensif tentang konsep-konsep dasar ikatan kimia, seperti ikatan ion, ikatan kovalen, ikatan logam, dan teori VSEPR, dengan mengintegrasikan nilai-nilai Al-Quran. Pengintegrasian ini bertujuan untuk tidak hanya memperkuat penguasaan ilmu pengetahuan tetapi juga menanamkan nilai-nilai spiritual dalam proses pembelajaran. Penulis berharap, modul ini dapat menjadi sarana yang efektif untuk membangun kesadaran akan kebesaran Allah SWT melalui studi ilmu kimia. Modul ini juga telah disusun berdasarkan Rencana Pembelajaran Semester (RPS) mata kuliah Ikatan Kimia Program Studi Pendidikan Kimia Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry Banda Aceh, sehingga diharapkan dapat memenuhi kebutuhan kurikulum dan menjadi panduan yang bermanfaat bagi para mahasiswa dalam mendalami materi yang diajarkan.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dalam penyusunan modul ini, baik berupa bimbingan, masukan, maupun kontribusi lainnya. Kritik dan saran dari para pembaca sangat penulis harapkan untuk perbaikan modul ini di masa mendatang. Semoga modul ini dapat bermanfaat bagi para mahasiswa, dosen, dan seluruh pembaca dalam mengembangkan pengetahuan dan keimanan mereka.

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Banda Aceh, 23 Agustus 2024  
Penulis,

  
**Adean Mayasri, M.Sc.**

## DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>i</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>ii</b>
<b>PETUNJUK PENGGUNAAN MODUL</b> .....	<b>iii</b>
<b>PERTEMUAN 1</b> <b>PENGANTAR IKATAN KIMIA</b> .....	<b>1</b>
<b>PERTEMUAN 2</b> <b>STRUKTUR LEWIS</b> .....	<b>9</b>
<b>PERTEMUAN 3</b> <b>IKATAN KOVALEN</b> .....	<b>19</b>
<b>PERTEMUAN 4</b> <b>IKATAN KOVALEN KOORDINASI</b> .....	<b>33</b>
<b>PERTEMUAN 5</b> <b>TEORI IKATAN VALENSI</b> .....	<b>43</b>
<b>PERTEMUAN 6</b> <b>HIBRIDISASI</b> .....	<b>51</b>
<b>PERTEMUAN 7</b> <b>TEORI ORBITAL MOLEKUL</b> .....	<b>59</b>
<b>PERTEMUAN 8</b> <b>UJIAN TENGAH SEMESTER (UTS)</b> .....	<b>70</b>
<b>PERTEMUAN 9</b> <b>TEORI DOMAIN ELEKTRON DAN BENTUK</b> <b>MOLEKUL</b> .....	<b>76</b>
<b>PERTEMUAN 10</b> <b>IKATAN ION</b> .....	<b>83</b>
<b>PERTEMUAN 11</b> <b>IKATAN LOGAM</b> .....	<b>102</b>
<b>PERTEMUAN 12</b> <b>IKATAN ANTARMOLEKUL</b> .....	<b>108</b>
<b>PERTEMUAN 13</b> <b>FASE MATERI AKIBAT IKATAN ANTAR</b> <b>MOLEKUL</b> .....	<b>115</b>
<b>PERTEMUAN 14</b> <b>FASE MATERI AKIBAT IKATAN KIMIA</b> .....	<b>123</b>
<b>PERTEMUAN 15</b> <b>STUDI KASUS: PERAN IKATAN KIMIA</b> <b>DALAM INDUSTRI</b> .....	<b>129</b>
<b>PERTEMUAN 16</b> <b>UJIAN AKHIR SEMESTER (UAS)</b> .....	<b>133</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>139</b>

## PETUNJUK PENGGUNAAN MODUL

Modul "Ikatan Kimia Terintegrasi Nilai Al-Quran" ini dirancang sebagai bahan ajar untuk mata kuliah Ikatan Kimia yang diajarkan di Program Studi Pendidikan Kimia, Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, UIN Ar-Raniry Banda Aceh. Untuk memaksimalkan manfaat dari modul ini, berikut adalah petunjuk penggunaannya:

### Cara Menggunakan Modul

- **Pembelajaran Mandiri:** Modul ini dapat digunakan secara mandiri oleh mahasiswa. Bacalah setiap bagian secara berurutan sesuai dengan struktur yang disajikan. Usahakan untuk memahami konsep dasar sebelum melanjutkan ke konsep yang lebih kompleks.
- **Diskusi Kelompok:** Modul ini juga dapat digunakan sebagai bahan diskusi kelompok. Mahasiswa dapat mendiskusikan materi yang dianggap sulit dan saling memberikan penjelasan untuk memperjelas konsep.
- **Bimbingan Dosen:** Dosen pengampu mata kuliah dapat menggunakan modul ini sebagai panduan dalam memberikan penjelasan materi di kelas. Bagian-bagian tertentu dari modul dapat dijadikan bahan diskusi atau diulas lebih lanjut sesuai kebutuhan.

### Integrasi Nilai Al-Quran

Modul ini mengandung integrasi nilai-nilai Al-Quran yang bertujuan untuk memperkuat aspek spiritual dalam pembelajaran. Diharapkan mahasiswa tidak hanya memahami konsep ilmiah tetapi juga dapat merenungkan kebesaran Allah SWT melalui ilmu kimia.

### Umpan Balik

Modul ini adalah dokumen yang terus diperbaiki. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan umpan balik dari pengguna, baik itu dosen maupun mahasiswa, untuk meningkatkan kualitas modul di masa mendatang. Kritik dan saran dapat disampaikan kepada dosen pengampu atau langsung kepada penulis.

# PERTEMUAN 1

## PENGANTAR IKATAN KIMIA

### 1.1 Definisi dan Pentingnya Ikatan Kimia

Ikatan kimia adalah interaksi yang mengikat atom-atom bersama dalam suatu molekul atau senyawa. Ikatan ini adalah fondasi dari semua materi yang ada di alam semesta. Tanpa ikatan kimia, atom-atom akan ada sebagai entitas terpisah dan tidak akan membentuk zat yang lebih kompleks seperti molekul, kristal, atau jaringan padat. Pemahaman tentang ikatan kimia adalah inti dari kimia, karena ini memungkinkan kita untuk memahami struktur, sifat, dan reaktivitas zat.

Secara umum, ikatan kimia dapat dikategorikan menjadi tiga jenis utama:

**Ikatan Ionik:** Terbentuk melalui transfer elektron dari satu atom ke atom lain, biasanya antara logam dan non-logam. Transfer elektron ini menghasilkan kation (ion positif) dan anion (ion negatif) yang saling tarik-menarik melalui gaya elektrostatik.

**Ikatan Kovalen:** Terbentuk ketika dua atom berbagi satu atau lebih pasangan elektron. Ikatan ini sering terjadi antara atom non-logam yang memiliki keelektronegatifan yang serupa. Ikatan kovalen dapat berupa ikatan tunggal, rangkap dua, atau rangkap tiga, tergantung pada jumlah pasangan elektron yang dibagi.

**Ikatan Logam:** Terjadi ketika elektron valensi diatomkan antara banyak atom logam, menciptakan "lautan elektron" yang mengelilingi

inti logam. Ikatan logam bertanggung jawab atas sifat khas logam seperti konduktivitas listrik dan termal, kelenturan, dan kekerasan.

## 1.2 Tinjauan Sejarah Teori Ikatan Kimia

Sejarah teori ikatan kimia mencerminkan perkembangan pemahaman kita tentang bagaimana atom bergabung untuk membentuk molekul. Pada awal abad ke-19, konsep atom sebagai partikel tidak terpisahkan yang membentuk materi mulai diterima secara luas, namun mekanisme ikatan antara atom masih menjadi misteri.

1. **Teori Atom Dalton (1803):** John Dalton adalah salah satu ilmuwan pertama yang mengusulkan bahwa atom adalah blok bangunan dasar materi. Namun, ia tidak menjelaskan bagaimana atom berinteraksi untuk membentuk molekul.
2. **Hukum Oktet Lewis (1916):** G.N. Lewis mengusulkan bahwa atom cenderung berbagi, kehilangan, atau mendapatkan elektron untuk mencapai konfigurasi elektron yang stabil, seperti gas mulia, yang biasanya melibatkan delapan elektron di kulit terluar. Konsep ini menjadi dasar untuk memahami ikatan kovalen.
3. **Teori Ikatan Valensi (Valence Bond Theory, 1927):** Diperkenalkan oleh Walter Heitler dan Fritz London, teori ini menjelaskan bahwa ikatan kovalen terbentuk melalui tumpang tindih orbital atomik yang mengandung elektron tidak

berpasangan, menghasilkan pasangan elektron yang digunakan bersama antara atom-atom.

4. **Teori Orbital Molekul (Molecular Orbital Theory, 1932):** Robert Mulliken dan Friedrich Hund mengembangkan teori ini, yang memperluas pemahaman kita tentang ikatan kimia dengan menjelaskan bahwa orbital atomik dapat bergabung untuk membentuk orbital molekul yang terdelokalisasi di seluruh molekul.
5. **Teori Hibridisasi (1931):** Linus Pauling mengembangkan konsep hibridisasi, di mana orbital atomik bercampur untuk membentuk orbital hibrida baru yang menjelaskan geometri molekul yang tidak dapat dijelaskan oleh teori orbital atomik sederhana.

### 1.3 Tipe-tipe Dasar Ikatan Kimia

Seperti yang telah disebutkan, ada tiga jenis utama ikatan kimia: ionik, kovalen, dan logam. Masing-masing memiliki karakteristik unik dan terbentuk melalui mekanisme yang berbeda:

#### 1. Ikatan Ionik

Ikatan ionik terjadi ketika satu atom, biasanya logam, melepaskan satu atau lebih elektron valensi untuk mencapai konfigurasi stabil, sementara atom lain, biasanya non-logam, menerima elektron tersebut untuk mencapai konfigurasi stabil. Hasilnya adalah pembentukan kation dan anion yang saling tarik-menarik melalui gaya elektrostatik yang kuat.

**Contoh:**

**Sodium klorida (NaCl):** Dalam NaCl, atom natrium (Na) melepaskan satu elektron untuk menjadi kation  $\text{Na}^+$ , sedangkan atom klor (Cl) menerima elektron tersebut untuk menjadi anion  $\text{Cl}^-$ . Tarikan elektrostatik antara  $\text{Na}^+$  dan  $\text{Cl}^-$  membentuk ikatan ionik yang kuat, menghasilkan struktur kristal padat.

**2. Ikatan Kovalen**

Ikatan kovalen terjadi ketika dua atom berbagi satu atau lebih pasangan elektron. Ini adalah ikatan yang paling umum dalam molekul organik. Tergantung pada jumlah elektron yang dibagi, ikatan kovalen dapat berupa ikatan tunggal, rangkap dua, atau rangkap tiga.

**Contoh:**

**Molekul air ( $\text{H}_2\text{O}$ ):** Dalam air, masing-masing atom hidrogen berbagi satu elektron dengan atom oksigen, membentuk dua ikatan kovalen tunggal. Struktur molekul air berbentuk sudut karena pasangan elektron yang tidak berikatan pada oksigen yang menolak ikatan H-O.

**3. Ikatan Logam**

Ikatan logam adalah interaksi unik yang terjadi di antara atom-atom logam, di mana elektron valensi tidak terlokalisasi di sekitar atom tertentu tetapi tersebar di seluruh struktur logam, membentuk "lautan elektron." Hal ini memberikan logam sifat seperti konduktivitas listrik yang tinggi, kelenturan, dan daya hantar panas.

**Contoh:**

**Tembaga (Cu):** Dalam tembaga, elektron-elektron valensi membentuk lautan elektron yang bergerak bebas, yang bertanggung jawab atas sifat logam yang baik sebagai konduktor listrik dan panas.

#### 1.4 Signifikansi Ikatan Kimia dalam Sains dan Teknologi

Ikatan kimia bukan hanya konsep teoretis, tetapi juga merupakan dasar bagi berbagai aplikasi ilmiah dan teknologi. Pemahaman tentang ikatan kimia memungkinkan para ilmuwan untuk:

1. **Merancang dan Mensintesis Bahan Baru:** Dari polimer plastik hingga bahan semikonduktor, ikatan kimia memungkinkan pembuatan bahan dengan sifat yang dirancang khusus untuk aplikasi tertentu.
2. **Mengembangkan Obat-obatan:** Ikatan kimia memainkan peran kunci dalam interaksi molekul obat dengan target biologis seperti enzim atau reseptor. Pemahaman tentang ikatan kimia membantu dalam desain obat yang lebih efektif dengan efek samping yang minimal.
3. **Energi dan Bahan Bakar:** Proses seperti pembakaran, fotosintesis, dan reaksi elektrokimia di baterai semuanya melibatkan pembentukan dan pemutusan ikatan kimia. Optimalisasi ikatan kimia dalam reaksi ini dapat meningkatkan efisiensi energi.
4. **Nanoteknologi:** Manipulasi ikatan kimia di tingkat atom dan molekul adalah dasar bagi pengembangan nanomaterial dan

nanoteknologi, yang memiliki potensi aplikasi yang luas dalam bidang elektronik, biomedis, dan material maju.

### 1.5 Ikatan Kimia dalam Kehidupan Sehari-hari

Ikatan kimia juga berperan penting dalam kehidupan sehari-hari. Hampir semua hal di sekitar kita – dari udara yang kita hirup, makanan yang kita makan, hingga tubuh kita sendiri – terdiri dari atom-atom yang dihubungkan oleh ikatan kimia.

1. **Makanan:** Nutrisi dalam makanan kita, seperti karbohidrat, protein, dan lemak, semuanya dibentuk oleh ikatan kovalen. Proses pencernaan melibatkan pemutusan dan pembentukan kembali ikatan kimia ini untuk menghasilkan energi yang kita butuhkan.
2. **Peralatan Rumah Tangga:** Bahan-bahan seperti plastik, logam, dan kaca semuanya memiliki struktur yang ditentukan oleh jenis ikatan kimia yang menyatukan atom-atomnya. Plastik, misalnya, adalah polimer panjang yang terdiri dari unit monomer yang dihubungkan oleh ikatan kovalen.
3. **Farmasi:** Obat-obatan bekerja berdasarkan interaksi spesifik antara molekul obat dan target dalam tubuh, seperti protein atau DNA. Interaksi ini melibatkan ikatan hidrogen, van der Waals, dan ikatan kovalen.

### 1.6 Integrasi Nilai Al-Qur'an dalam Pemahaman Ikatan Kimia

Dalam memahami ikatan kimia, kita dapat merenungkan tanda-tanda kebesaran Allah yang tercermin dalam keteraturan dan

keseimbangan yang ada di alam semesta. Setiap ikatan yang terbentuk antara atom-atom, yang memberikan stabilitas dan fungsi pada materi, merupakan manifestasi dari kebijaksanaan dan kekuasaan Allah.

Allah berfirman dalam Surah Ar-Rum ayat 22:

وَمِنْ آيَاتِهِ خَلْقُ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ وَأَخْتَلَفُ اللَّسَانَاتِ وَاللَّوْنَاتِ ۚ إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَاتٍ لِّلْعَالَمِينَ

*"Dan di antara tanda-tanda kekuasaan-Nya ialah menciptakan langit dan bumi dan berlain-lainan bahasamu dan warna kulitmu. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar terdapat tanda-tanda bagi orang-orang yang mengetahui."*

Ayat ini mengingatkan kita bahwa keragaman dan keteraturan yang kita lihat, termasuk dalam interaksi kimia, adalah bagian dari tanda-tanda kekuasaan Allah. Dengan memahami ikatan kimia, kita tidak hanya memahami bagaimana dunia fisik berfungsi, tetapi juga merenungi kebesaran Sang Pencipta yang telah mengatur segala sesuatu dengan sempurna.

## 1.7 Latihan

Kerjakan latihan berikut ini sebagai Tugas Kegiatan Tersetruktur

1. Jelaskan perbedaan antara ikatan ionik, ikatan kovalen, dan ikatan logam. Berikan contoh masing-masing jenis ikatan!
2. Mengapa ikatan kovalen cenderung terbentuk antara atom-atom non-logam? Jelaskan dengan menggunakan konsep keelektronegatifan.
3. Natrium klorida (NaCl) dan air (H<sub>2</sub>O) memiliki jenis ikatan kimia yang berbeda. Jelaskan bagaimana kedua jenis ikatan ini terbentuk

dan mengapa NaCl memiliki titik leleh yang lebih tinggi dibandingkan H<sub>2</sub>O.

4. Bagaimana teori hibridisasi menjelaskan geometri molekul dalam senyawa kovalen seperti metana (CH<sub>4</sub>)? Diskusikan orbital mana yang terlibat dan bentuk geometri yang dihasilkan.
5. Refleksikan bagaimana pemahaman tentang ikatan kimia dapat meningkatkan apresiasi Anda terhadap keteraturan yang ada di alam, seperti yang disebutkan dalam ayat-ayat Al-Qur'an. Berikan contoh spesifik.

## PERTEMUAN 2

### STRUKTUR LEWIS

#### 2.1 Pendahuluan Struktur Lewis

Struktur Lewis merupakan representasi visual yang sederhana namun kuat untuk menggambarkan bagaimana atom-atom dalam suatu molekul terikat satu sama lain dan bagaimana elektron valensi didistribusikan di antara mereka. Diperkenalkan oleh **Gilbert N. Lewis** pada tahun 1916, metode ini membantu ilmuwan memahami perilaku kimia molekul dan ion dengan lebih baik. Dalam struktur Lewis, atom-atom direpresentasikan oleh simbol-simbol kimia, sedangkan elektron valensi digambarkan sebagai titik di sekitar atom tersebut. Ikatan kimia antara atom-atom diwakili oleh pasangan titik (untuk ikatan kovalen tunggal) atau garis (untuk ikatan rangkap). Pasangan elektron yang tidak terlibat dalam ikatan disebut sebagai "pasangan elektron bebas" (*lone pairs*).



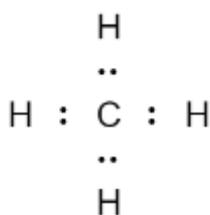
Gambar 2.1 Contoh struktur Lewis untuk molekul H<sub>2</sub>O, menunjukkan pasangan elektron bebas di sekitar oksigen.

#### 2.2 Elektron Valensi dan Aturan Oktet

Elektron valensi adalah elektron yang berada di kulit terluar dari atom dan berperan dalam pembentukan ikatan kimia. Elektron ini

adalah kunci untuk memahami bagaimana atom-atom berinteraksi dan berikatan dalam molekul. Dalam banyak kasus, atom cenderung membentuk ikatan sedemikian rupa sehingga mereka memiliki konfigurasi elektron yang mirip dengan gas mulia, yang dikenal sebagai aturan oktet. Menurut aturan ini, atom cenderung mencapai delapan elektron valensi dalam kulit terluarnya, yang membuat mereka lebih stabil.

Namun, ada beberapa pengecualian terhadap aturan oktet. Hidrogen hanya membutuhkan dua elektron untuk mencapai stabilitas, sedangkan berilium (Be) dan boron (B) sering kali membentuk senyawa di mana mereka memiliki kurang dari delapan elektron valensi. Sebaliknya, elemen-elemen dari periode ketiga dan seterusnya, seperti fosfor (P) dan belerang (S), dapat memiliki lebih dari delapan elektron dalam kulit terluarnya karena melibatkan orbital d dalam pembentukan ikatan.



Gambar 2.2: Struktur Lewis untuk molekul  $\text{CH}_4$ , di mana karbon memenuhi aturan oktet dengan empat ikatan kovalen tunggal.

### 2.3 Cara Menggambar Struktur Lewis

Menggambar struktur Lewis memerlukan pendekatan yang sistematis. Berikut adalah langkah-langkah rinci untuk menggambar struktur Lewis:

a. Hitung Total Elektron Valensi:

Jumlahkan seluruh elektron valensi dari semua atom dalam molekul. Misalnya, untuk molekul  $\text{CO}_2$ , karbon memiliki 4 elektron valensi dan masing-masing oksigen memiliki 6 elektron valensi, sehingga totalnya adalah 16 elektron valensi.

b. Tentukan Atom Pusat:

Atom pusat biasanya adalah atom dengan kemampuan berikatan paling banyak (memiliki elektronegativitas lebih rendah) atau yang paling elektropositif. Dalam  $\text{CO}_2$ , karbon menjadi atom pusat.

c. Gambarkan Ikatan Tunggal:

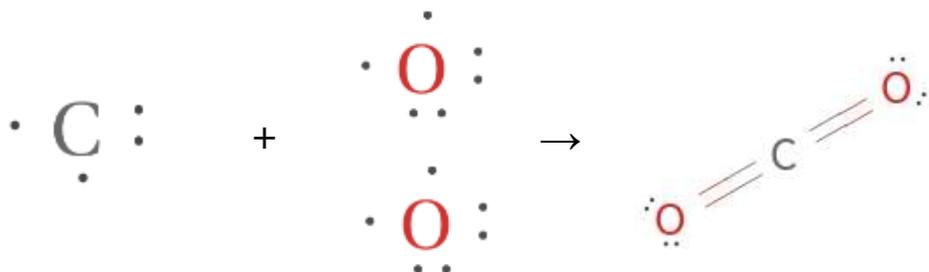
Hubungkan atom pusat dengan atom-atom lainnya menggunakan ikatan tunggal (sepasang elektron). Dalam  $\text{CO}_2$ , karbon terikat pada dua atom oksigen melalui dua ikatan tunggal.

d. Distribusikan Elektron yang Tersisa:

Distribusikan sisa elektron valensi sebagai pasangan elektron bebas (lone pairs) pada atom-atom yang memerlukan tambahan untuk memenuhi aturan oktet. Atom oksigen dalam  $\text{CO}_2$  memerlukan 6 elektron lagi untuk mencapai oktet, sehingga masing-masing mendapat 4 elektron tambahan setelah pembentukan ikatan tunggal.

e. Periksa Aturan Oktet dan Buat Penyesuaian Jika Perlu:

Jika ada atom yang tidak memenuhi aturan oktet, pertimbangkan untuk membentuk ikatan rangkap atau rangkap tiga. Dalam  $\text{CO}_2$ , setiap oksigen terikat dengan karbon melalui ikatan rangkap untuk memenuhi aturan oktet.



Gambar 2.3: Langkah-langkah menggambar struktur Lewis untuk molekul  $\text{CO}_2$ , menunjukkan distribusi elektron dan pembentukan ikatan rangkap.

## 2.4 Contoh dan Penerapan Struktur Lewis

Mari kita lihat penerapan struktur Lewis melalui contoh-contoh berikut:

### a. Molekul Air ( $\text{H}_2\text{O}$ ):

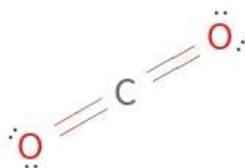
Oksigen memiliki 6 elektron valensi dan setiap atom hidrogen memiliki 1 elektron valensi. Dalam struktur Lewis untuk air, oksigen terikat pada dua atom hidrogen melalui ikatan tunggal, dengan dua pasangan elektron bebas tersisa pada oksigen. Ini menunjukkan bagaimana molekul air mempertahankan stabilitasnya melalui aturan oktet.



Gambar 2.4: Struktur Lewis untuk molekul  $\text{H}_2\text{O}$ , menunjukkan pasangan elektron bebas di sekitar oksigen.

b. Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>):

Karbon memiliki 4 elektron valensi, dan setiap oksigen memiliki 6 elektron valensi. Dalam struktur Lewis, karbon membentuk dua ikatan rangkap dengan masing-masing oksigen, memastikan semua atom memenuhi aturan oktet. Tidak ada pasangan elektron bebas pada atom karbon.



Gambar 2.5: Struktur Lewis untuk molekul CO<sub>2</sub>, menunjukkan ikatan rangkap antara karbon dan oksigen.

## 2.5 Perhitungan Muatan Formal

Muatan formal adalah konsep penting dalam kimia yang digunakan untuk menentukan distribusi muatan dalam suatu molekul. Muatan formal membantu kita memahami struktur yang paling stabil di antara berbagai kemungkinan struktur Lewis yang valid. Muatan formal dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$\text{Muatan Formal} = (\text{Jumlah Elektron Valensi}) - (\text{Jumlah Elektron Non Ikatan}) - \frac{1}{2}(\text{Jumlah Elektron Ikatan})$$

Penjelasan:

- Jumlah Elektron Valensi:** Jumlah elektron yang dimiliki oleh atom dalam keadaan bebas.

- b) **Jumlah Elektron Non-Ikatan:** Elektron yang tidak terlibat dalam pembentukan ikatan (*lone pairs*).
- c) **Jumlah Elektron Ikatan:** Elektron yang terlibat dalam pembentukan ikatan (satu ikatan terdiri dari dua elektron).

Sebagai contoh, mari kita hitung muatan formal untuk setiap atom dalam molekul karbon dioksida (CO<sub>2</sub>):

a) **Atom Karbon:**

- Elektron valensi = 4
- Elektron non-ikatan = 0
- Elektron ikatan = 8 (dua ikatan rangkap)

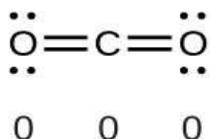
$$\text{Muatan Formal} = 4 - 0 - \frac{1}{2}(8) = 4 - 4 = 0$$

b) **Atom Oksigen (keduanya identik):**

- Elektron valensi = 6
- Elektron non-ikatan = 4
- Elektron ikatan = 4 (satu ikatan rangkap)

$$\text{Muatan Formal} = 6 - 4 - \frac{1}{2}(4) = 6 - 4 - 2$$

Muatan formal untuk atom karbon dan oksigen dalam CO<sub>2</sub> adalah 0, yang menunjukkan bahwa distribusi muatan dalam struktur ini sangat stabil.

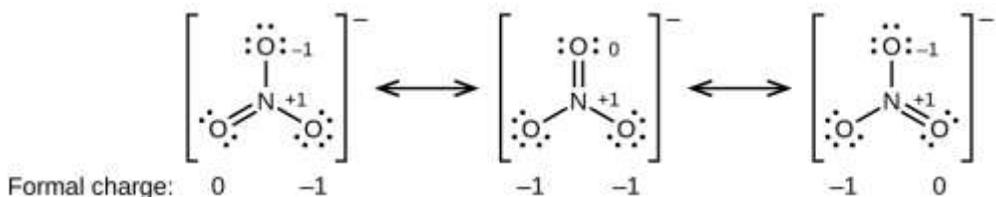


Gambar 2.6: Perhitungan muatan formal untuk molekul CO<sub>2</sub>.

## 2.6 Resonansi dan Stabilitas Struktur Lewis

Terdapat beberapa molekul atau ion yang memiliki lebih dari satu struktur Lewis yang valid, yang disebut sebagai struktur resonansi. Resonansi terjadi ketika elektron dapat ditempatkan di beberapa lokasi yang berbeda dalam molekul, menghasilkan beberapa struktur yang berbeda namun ekuivalen. Contoh yang baik adalah ion nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ), yang memiliki tiga struktur resonansi, di mana muatan negatif tersebar secara merata di antara ketiga atom oksigen. Ini berarti bahwa struktur sebenarnya dari ion nitrat adalah hibrida dari ketiga struktur tersebut, yang menambah stabilitas ion tersebut.

Stabilitas struktur Lewis juga bergantung pada muatan formal, di mana struktur dengan muatan formal mendekati nol pada semua atom adalah yang paling stabil.



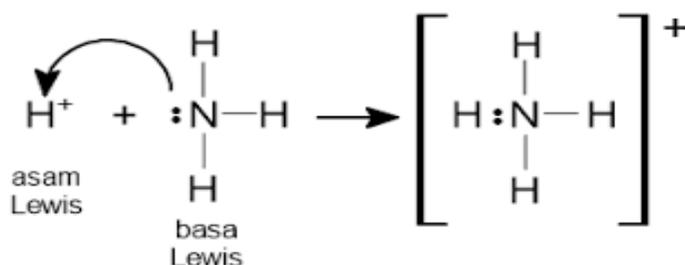
Gambar 2.7: Struktur resonansi untuk ion nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ), menunjukkan bagaimana muatan formal tersebar di antara atom-atom oksigen.

## 2.7 Aplikasi Struktur Lewis

Struktur Lewis tidak hanya penting untuk memahami molekul sederhana, tetapi juga sangat berguna dalam mempelajari senyawa yang lebih kompleks dan reaktivitas kimia. Dalam kimia organik, struktur Lewis digunakan untuk menggambarkan ikatan dalam molekul-molekul organik seperti hidrokarbon, alkohol, dan asam

karboksilat. Dengan struktur Lewis, kita dapat memprediksi bagaimana molekul akan bereaksi, misalnya dalam reaksi adisi atau substitusi.

Dalam kimia anorganik, struktur Lewis dapat membantu memprediksi sifat asam-basa senyawa. Konsep asam dan basa Lewis sangat bergantung pada kemampuan molekul untuk menerima atau mendonorkan pasangan elektron. Misalnya, dalam reaksi antara ion  $H^+$  (asam Lewis) dan  $NH_3$  (basa Lewis), pasangan elektron dari nitrogen dalam  $NH_3$  digunakan untuk membentuk ikatan dengan  $H^+$ , menghasilkan ion amonium ( $NH_4^+$ ).



Gambar 2.8: Contoh aplikasi struktur Lewis dalam reaksi asam-basa Lewis.

## 2.8 Integrasi Nilai Al-Quran pada Materi Struktur Lewis

Dalam Al-Quran, banyak ayat yang mengajak manusia untuk merenungkan tanda-tanda kebesaran Allah melalui ciptaan-Nya di alam semesta. Misalnya, dalam Surat Ar-Rum ayat 21, Allah berfirman:

*"Dan di antara tanda-tanda kekuasaan-Nya ialah Dia menciptakan untukmu isteri-isteri dari jenismu sendiri, supaya kamu cenderung dan merasa tenteram kepadanya, dan dijadikan-Nya di antaramu rasa kasih dan sayang.*

*Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar terdapat tanda-tanda bagi kaum yang berfikir." (QS. Ar-Rum: 21)*

Ayat ini mengingatkan kita bahwa segala sesuatu di alam semesta, termasuk ikatan kimia yang membentuk kehidupan dan berbagai material di bumi, adalah bagian dari tanda-tanda kebesaran Allah. Seperti halnya struktur Lewis yang menggambarkan bagaimana atom-atom berikatan dan berinteraksi, segala sesuatu di dunia ini memiliki keteraturan dan keterkaitan yang menunjukkan adanya desain dan tujuan yang agung.

Ilmu pengetahuan, termasuk kimia, adalah sarana untuk memahami dan mengapresiasi kebesaran penciptaan Allah. Dengan mempelajari struktur molekul dan interaksi antaratom, kita dapat lebih memahami kompleksitas dan keindahan ciptaan Allah, yang pada akhirnya mengarahkan kita pada pengakuan akan kebesarannya.

## **2.9 Latihan**

Kerjakan latihan berikut ini sebagai Tugas Kegiatan Tersetruktur

1. Gambarlah struktur Lewis untuk molekul metana ( $\text{CH}_4$ ), amonia ( $\text{NH}_3$ ), dan asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ).
2. Identifikasi atom-atom dalam molekul berikut yang tidak memenuhi aturan oktet:  $\text{BF}_3$ ,  $\text{PCl}_5$ , dan  $\text{SF}_6$ .
3. Diskusikan dan gambarlah struktur resonansi untuk ion ozon ( $\text{O}_3$ ) dan nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ).

4. Gambarlah struktur Lewis untuk ion karbonat ( $\text{CO}_3^{2-}$ ), hitung muatan formal dan tunjukkan semua struktur resonansi yang mungkin.
5. Gambarlah struktur Lewis untuk molekul hidrazin ( $\text{N}_2\text{H}_4$ ) dan hitung muatan formalnya!
6. Untuk molekul fosfor pentaklorida ( $\text{PCl}_5$ ), gambarlah struktur Lewis dan jelaskan mengapa molekul ini menyimpang dari aturan oktet.
7. Tentukan struktur Lewis untuk ion fosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) dan hitung muatan formalnya!
8. Gambarlah struktur Lewis untuk gas amonia ( $\text{NH}_3$ ), hitung muatan formal dan tunjukkan apakah ada pasangan elektron bebas.
9. Gambarlah struktur Lewis untuk sulfur heksafluorida ( $\text{SF}_6$ ) dan jelaskan apakah molekul ini memenuhi aturan oktet atau tidak.
10. Gambarlah struktur Lewis untuk klorin trifluorida ( $\text{ClF}_3$ ) dan hitung muatan formalnya!

## PERTEMUAN 3

### IKATAN KOVALEN

#### 3.1 Pendahuluan Ikatan Kovalen

Ikatan kovalen adalah salah satu jenis ikatan kimia yang terjadi ketika dua atom berbagi satu atau lebih pasangan elektron untuk mencapai konfigurasi elektron yang stabil, mirip dengan konfigurasi elektron gas mulia. Ikatan ini terutama terjadi antara atom-atom non-logam yang memiliki elektronegativitas yang relatif dekat. Dalam pendekatan mekanika kuantum, pembentukan ikatan kovalen dijelaskan melalui konsep **kombinasi linear fungsi gelombang atom**.

#### **Kombinasi Linear Fungsi Gelombang Atom (LCAO)**

Fungsi gelombang ( $\Psi$ ) adalah deskripsi matematis dari keadaan kuantum suatu partikel, seperti elektron, dalam suatu sistem. Dalam ikatan kovalen, elektron-elektron valensi dari dua atom yang mendekat satu sama lain akan berinteraksi melalui orbital atom mereka ( $\Phi$ ) dan membentuk orbital molekul baru. Proses ini dijelaskan melalui **kombinasi linear fungsi gelombang atom (LCAO)**, di mana orbital atom ( $\Phi$ ) berinteraksi untuk membentuk orbital molekul ( $\Psi$ ).

- **Orbital Atom ( $\Phi$ ):** Sebelum pembentukan ikatan, elektron-elektron valensi berada di dalam orbital atom, yaitu daerah di sekitar inti atom di mana probabilitas menemukan elektron paling tinggi. Orbital ini dapat berupa orbital s, p, d, atau f, tergantung pada jenis atom dan elektronnya.
- **Kombinasi Linear Fungsi Gelombang:** Ketika dua atom mendekat, fungsi gelombang dari orbital atom mereka ( $\Phi_1$  dan

$\Phi_2$ ) berinteraksi dan dapat dikombinasikan secara linear untuk membentuk orbital molekul ( $\Psi$ ). Kombinasi linear ini dapat menghasilkan dua jenis orbital molekul:

- **Orbital Ikatan ( $\sigma$  atau  $\pi$ ):** Terbentuk dari kombinasi konstruktif fungsi gelombang, di mana fungsi gelombang dari orbital atom memperkuat satu sama lain. Ini menghasilkan daerah dengan probabilitas tinggi untuk menemukan elektron di antara dua inti atom, yang menurunkan energi sistem dan menghasilkan ikatan yang stabil.
- **Orbital Antiikatan ( $\sigma^*$  atau  $\pi^*$ ):** Terbentuk dari kombinasi destruktif fungsi gelombang, di mana fungsi gelombang dari orbital atom saling mengurangi satu sama lain. Ini menghasilkan daerah dengan probabilitas rendah untuk menemukan elektron di antara dua inti atom, yang meningkatkan energi sistem dan menyebabkan ketidakstabilan.

#### Persamaan untuk Kombinasi Linear:

$$\Psi_{\text{ikatan}} = C_1\Phi_1 + C_2\Phi_2$$

$$\Psi_{\text{antiikatan}} = C_1\Phi_1 - C_2\Phi_2$$

Di mana:

- $\Psi_{\text{ikatan}}$  adalah fungsi gelombang untuk orbital ikatan,
- $\Psi_{\text{antiikatan}}$  adalah fungsi gelombang untuk orbital antiikatan,

- $c_1$  dan  $c_2$  adalah koefisien yang mencerminkan kontribusi masing-masing orbital atom ( $\Phi_1$  dan  $\Phi_2$ ) terhadap orbital molekul.

### Contoh: Molekul Hidrogen ( $H_2$ )

Dalam molekul hidrogen ( $H_2$ ), dua atom hidrogen masing-masing memiliki satu elektron dalam orbital  $1s$  ( $\Phi_{1s}$ ). Ketika dua atom ini mendekat, fungsi gelombang dari orbital  $1s$  mereka berinteraksi untuk membentuk dua orbital molekul: orbital ikatan  $\sigma_{1s}$  dan orbital antiikatan  $\sigma_{1s}^*$ . Orbital ikatan  $\sigma_{1s}$  terbentuk dari penjumlahan fungsi gelombang ( $\Phi_{1s}$ ) dari kedua atom, sedangkan orbital antiikatan  $\sigma_{1s}^*$  terbentuk dari pengurangan fungsi gelombang.

### Pembentukan Orbital Molekul: $\sigma$ dan $\pi$

Orbital molekul  $\sigma$  dan  $\pi$  adalah dua jenis orbital yang dapat terbentuk melalui kombinasi linear fungsi gelombang. Jenis orbital yang terbentuk bergantung pada orientasi tumpang tindih antara orbital atom.

#### 1. Orbital $\sigma$ :

- Orbital  $\sigma$  terbentuk ketika orbital atom tumpang tindih secara langsung di sepanjang garis yang menghubungkan inti kedua atom (axis inter-nuclear). Ini biasanya terjadi pada tumpang tindih antara orbital s-s, s-p, atau p-p yang berada dalam satu garis lurus.

- **Contoh:** Dalam molekul hidrogen ( $H_2$ ), tumpang tindih antara dua orbital  $1s$  dari dua atom hidrogen membentuk orbital  $\sigma_{1s}$ .

## 2. Orbital $\pi$ :

- Orbital  $\pi$  terbentuk ketika orbital  $p$  yang berorientasi secara lateral (sejajar) tumpang tindih. Tumpang tindih ini terjadi di atas dan di bawah garis yang menghubungkan inti kedua atom. Orbital  $\pi$  biasanya terbentuk dalam ikatan rangkap dua dan rangkap tiga.
- **Contoh:** Dalam molekul etilena ( $C_2H_4$ ), orbital  $p$  dari setiap atom karbon tumpang tindih secara lateral, membentuk orbital  $\pi$  di atas dan di bawah sumbu ikatan  $\sigma$ .

### Studi Kasus: Molekul Hidrogen dalam Fisika Kuantum

Molekul hidrogen ( $H_2$ ) adalah contoh paling sederhana dari pembentukan ikatan kovalen. Dalam molekul ini, kombinasi linear fungsi gelombang dari dua orbital  $1s$  menghasilkan orbital  $\sigma_{1s}$  yang menstabilkan molekul dengan menurunkan energi total sistem. Ini menjelaskan mengapa hidrogen biasanya ditemukan dalam bentuk molekul  $H_2$ , bukan atom hidrogen tunggal ( $H$ ).

### 3.2 Pembentukan Ikatan Kovalen

Pembentukan ikatan kovalen dapat dijelaskan dengan menggunakan prinsip bahwa atom cenderung mencapai konfigurasi elektron yang stabil seperti gas mulia. Gas mulia memiliki konfigurasi

elektron yang sangat stabil dengan delapan elektron valensi (dua untuk helium), yang membuat mereka tidak reaktif. Ikatan kovalen terbentuk ketika dua atom berbagi satu atau lebih pasangan elektron untuk mencapai stabilitas elektron. Dalam pendekatan kuantum, pembentukan ikatan kovalen dapat dijelaskan melalui interaksi orbital atom yang berdekatan, yang membentuk orbital molekul melalui kombinasi linear fungsi gelombang.

### **Langkah-langkah Pembentukan Ikatan Kovalen:**

1. **Interaksi Elektron Valensi:** Elektron valensi dari atom-atom yang berinteraksi saling mendekat dan berinteraksi melalui tumpang tindih orbital mereka ( $\Phi_1$  dan  $\Phi_2$ ).
2. **Kombinasi Linear Orbital:** Orbital atom yang berinteraksi mengalami kombinasi linear untuk membentuk orbital molekul ikatan  $\Psi_{ikatan}$  dan antiikatan  $\Psi_{antiikatan}$ .
3. **Pengisian Elektron:** Elektron akan mengisi orbital ikatan  $\Psi_{ikatan}$  terlebih dahulu karena energinya lebih rendah, sehingga ikatan yang terbentuk menjadi lebih stabil.
4. **Pembentukan Ikatan Stabil:** Ikatan kovalen terbentuk jika elektron-elektron mengisi orbital ikatan dan menurunkan energi total sistem.

### **Contoh: Molekul Oksigen ( $O_2$ )**

Oksigen memiliki enam elektron valensi dalam orbital 2p. Ketika dua atom oksigen mendekat, orbital 2p mereka berinteraksi dan membentuk orbital molekul ikatan  $\pi$  dan orbital antiikatan  $\pi^*$ . Elektron-elektron ini mengisi orbital ikatan

$\pi$ , yang menurunkan energi total sistem dan menghasilkan ikatan kovalen rangkap dua yang stabil.

### Studi Kasus: Oksigen dalam Pernafasan

Molekul oksigen ( $O_2$ ) memainkan peran kunci dalam respirasi seluler, proses di mana glukosa dioksidasi untuk menghasilkan energi dalam bentuk ATP. Kombinasi linear orbital 2p dalam oksigen menghasilkan orbital  $\pi$  yang cukup kuat untuk menjaga molekul tetap stabil, namun cukup reaktif untuk berpartisipasi dalam reaksi kimia di dalam sel.

### 3.3 Jenis-Jenis Ikatan Kovalen

Ikatan kovalen dapat dikategorikan berdasarkan jumlah pasangan elektron yang dibagikan antara dua atom. Setiap jenis ikatan kovalen melibatkan kombinasi linear fungsi gelombang yang berbeda, yang mempengaruhi panjang dan kekuatan ikatan.

#### 1. Ikatan Kovalen Tunggal ( $\sigma$ ):

- Terjadi ketika dua atom berbagi satu pasangan elektron. Ini adalah ikatan kovalen yang paling lemah dan paling panjang.
- **Contoh:** Molekul hidrogen ( $H_2$ ), di mana dua atom hidrogen berbagi satu pasangan elektron untuk membentuk ikatan tunggal  $\sigma_{1s}$ .

### Studi Kasus: Metana sebagai Bahan Bakar

Metana ( $CH_4$ ) adalah komponen utama gas alam. Dalam molekul metana, atom karbon berbagi satu pasangan elektron

dengan setiap atom hidrogen, membentuk empat ikatan kovalen tunggal  $\sigma$ . Orbital  $sp^3$  dari atom karbon berinteraksi dengan orbital  $1s$  dari atom hidrogen, membentuk ikatan yang stabil dan memberikan metana sifatnya sebagai bahan bakar yang efisien.

## 2. Ikatan Kovalen Rangkap Dua ( $\sigma$ dan $\pi$ ):

- Terjadi ketika dua atom berbagi dua pasangan elektron. Ikatan ini lebih kuat dan lebih pendek daripada ikatan tunggal.
- **Contoh:** Molekul oksigen ( $O_2$ ), di mana dua atom oksigen berbagi dua pasangan elektron untuk membentuk ikatan rangkap dua ( $\sigma$  dan  $\pi$ ).

### **Studi Kasus: Karbon Dioksida dalam Fotosintesis**

Karbon dioksida ( $CO_2$ ) adalah gas yang penting dalam fotosintesis. Dalam molekul  $CO_2$ , atom karbon berbagi dua pasangan elektron dengan setiap atom oksigen, membentuk dua ikatan rangkap dua ( $\sigma$  dan  $\pi$ ). Kombinasi linear orbital  $p$  dari atom karbon dan oksigen membentuk orbital  $\pi$  yang kuat, yang sangat penting dalam proses fotosintesis.

## 3. Ikatan Kovalen Rangkap Tiga ( $\sigma$ dan $2\pi$ ):

- Terjadi ketika dua atom berbagi tiga pasangan elektron. Ini adalah ikatan kovalen terkuat dan terpendek.

- **Contoh:** Molekul nitrogen ( $N_2$ ), di mana dua atom nitrogen berbagi tiga pasangan elektron untuk membentuk ikatan rangkap tiga ( $\sigma$  dan  $2\pi$ ).

### **Studi Kasus: Nitrogen dalam Atmosfer**

Molekul nitrogen ( $N_2$ ) menyusun sekitar 78% atmosfer bumi. Ikatan rangkap tiga dalam  $N_2$ , yang terbentuk melalui kombinasi linear orbital p, sangat kuat dan stabil, membuat molekul ini sulit bereaksi dengan zat lain di atmosfer. Ini menjelaskan mengapa nitrogen dalam bentuk  $N_2$  adalah komponen utama udara yang kita hirup.

## **3.4 Polaritas dalam Ikatan Kovalen**

Tidak semua ikatan kovalen memiliki pembagian elektron yang sama. Ketika atom-atom yang terlibat dalam ikatan kovalen memiliki perbedaan elektronegativitas yang signifikan, ikatan tersebut menjadi polar. Dalam ikatan kovalen polar, elektron cenderung lebih dekat ke atom yang lebih elektronegatif, menyebabkan munculnya muatan parsial (seperti  $\delta^+$  dan  $\delta^-$ ).

### **Contoh 1: Molekul Air ( $H_2O$ )**

Dalam molekul air, atom oksigen lebih elektronegatif daripada atom hidrogen, sehingga menarik elektron lebih dekat ke dirinya. Ini menyebabkan atom oksigen memiliki muatan parsial negatif ( $\delta^-$ ) dan atom hidrogen memiliki muatan parsial positif ( $\delta^+$ ).

### **Studi Kasus: Air sebagai Pelarut Universal**

Molekul air ( $\text{H}_2\text{O}$ ) adalah contoh klasik dari ikatan kovalen polar. Polaritas ini memungkinkan air untuk melarutkan berbagai zat, baik polar maupun ionik, sehingga menjadikannya pelarut universal yang sangat penting untuk reaksi kimia dalam tubuh dan lingkungan.

### **Contoh 2: Molekul Karbon Dioksida ( $\text{CO}_2$ )**

Meskipun karbon dioksida memiliki ikatan kovalen polar antara karbon dan oksigen, molekul ini bersifat non-polar karena geometri molekulnya linear, yang menyebabkan momen dipol total dari molekul ini menjadi nol.

### **3.5 Ikatan Kovalen Koordinasi**

Ikatan kovalen koordinasi adalah jenis ikatan kovalen di mana kedua elektron dalam pasangan yang dibagikan berasal dari satu atom. Ikatan ini terjadi ketika satu atom memiliki sepasang elektron bebas yang tidak terlibat dalam ikatan lainnya, dan atom lain yang tidak memiliki elektron yang tersedia untuk dibagikan.

### **Contoh: Ion Amonium ( $\text{NH}_4^+$ )**

Dalam pembentukan ion amonium, atom nitrogen dalam  $\text{NH}_3$  memiliki sepasang elektron bebas. Ketika ion hidrogen ( $\text{H}^+$ ) yang tidak memiliki elektron mendekati  $\text{NH}_3$ , sepasang elektron bebas dari nitrogen digunakan untuk membentuk ikatan kovalen koordinasi dengan  $\text{H}^+$ , membentuk ion  $\text{NH}_4^+$ .

**Studi Kasus: Amonium dalam Pupuk** Ion amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) sering ditemukan dalam pupuk sebagai sumber nitrogen bagi tanaman. Nitrogen diperlukan untuk sintesis protein dan DNA dalam tanaman, dan pupuk yang mengandung amonium memberikan nitrogen dalam bentuk yang mudah diakses. Pembentukan ion amonium melalui ikatan kovalen koordinasi memastikan bahwa nitrogen tersedia dalam bentuk yang dapat diserap oleh tanaman.

### 3.6 Kekuatan dan Panjang Ikatan Kovalen

Kekuatan dan panjang ikatan kovalen sangat dipengaruhi oleh jenis kombinasi linear fungsi gelombang yang terbentuk. Orbital ikatan yang dihasilkan dari kombinasi linear fungsi gelombang berkontribusi pada kekuatan dan stabilitas ikatan kovalen.

- **Kekuatan Ikatan:** Semakin banyak pasangan elektron yang dibagikan, semakin kuat ikatan tersebut. Ikatan kovalen rangkap dua ( $\sigma$  dan  $\pi$ ) dan rangkap tiga ( $\sigma$  dan  $2\pi$ ) lebih kuat daripada ikatan tunggal ( $\sigma$ ) karena lebih banyak pasangan elektron yang berkontribusi terhadap tumpang tindih orbital yang lebih besar.
- **Panjang Ikatan:** Semakin banyak pasangan elektron yang dibagikan, semakin pendek ikatan tersebut. Ini karena gaya tarik-menarik yang lebih besar antara elektron dan inti atom, yang menarik inti lebih dekat satu sama lain.

### **Contoh: Perbandingan Ikatan dalam H<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, dan N<sub>2</sub>**

Panjang ikatan tunggal ( $\sigma$ ) dalam H<sub>2</sub> adalah sekitar 74 pm, sedangkan panjang ikatan rangkap dua ( $\sigma$  dan  $\pi$ ) dalam O<sub>2</sub> adalah sekitar 121 pm, dan panjang ikatan rangkap tiga ( $\sigma$  dan  $2\pi$ ) dalam N<sub>2</sub> adalah sekitar 110 pm. Ini menunjukkan bahwa semakin banyak elektron yang dibagikan, semakin pendek dan kuat ikatan tersebut.

### **3.7 Aplikasi Ikatan Kovalen**

Ikatan kovalen memiliki berbagai aplikasi penting dalam kehidupan sehari-hari dan teknologi:

**Molekul Organik:** Sebagian besar senyawa organik seperti protein, karbohidrat, dan lipid terdiri dari ikatan kovalen antara atom karbon dan unsur lain seperti hidrogen, oksigen, dan nitrogen.

#### **Studi Kasus: Protein sebagai Blok Bangunan Kehidupan**

Protein adalah salah satu makromolekul penting dalam tubuh yang terbentuk melalui ikatan kovalen antara asam amino. Ikatan peptida, yang menghubungkan asam amino dalam rantai polipeptida, adalah ikatan kovalen yang memastikan bahwa protein memiliki struktur yang tepat untuk menjalankan fungsinya dalam tubuh, seperti enzim, hormon, dan struktur seluler.

**Material Sintetis:** Plastik dan polimer, seperti polietilena, terbentuk melalui reaksi polimerisasi di mana monomer bergabung untuk membentuk rantai panjang melalui ikatan kovalen. Bahan ini

digunakan dalam berbagai aplikasi, mulai dari kemasan hingga peralatan medis.

### **Studi Kasus: Polimer dalam Kehidupan Sehari-Hari**

Polietilena, yang digunakan dalam kantong plastik dan botol, adalah polimer yang terbentuk melalui ikatan kovalen antara molekul etilena. Sifat fleksibel dan tahan lama dari polietilena berasal dari ikatan kovalen yang menghubungkan monomer etilena, membuatnya menjadi bahan yang sangat serbaguna dan penting dalam kehidupan modern.

**Farmasi:** Banyak obat dan bahan aktif farmasi mengandalkan ikatan kovalen untuk membentuk struktur molekul yang tepat guna berinteraksi dengan target biologis. Misalnya, penicillin, sebuah antibiotik, bekerja dengan mengganggu pembentukan dinding sel bakteri melalui reaksi yang melibatkan ikatan kovalen.

### **Studi Kasus: Obat-Obatan dan Ikatan Kovalen**

Banyak obat modern, termasuk antibiotik dan antikanker, dirancang untuk berinteraksi dengan target spesifik dalam tubuh melalui pembentukan atau pemutusan ikatan kovalen. Efektivitas obat-obatan ini sangat tergantung pada kekuatan dan spesifisitas ikatan kovalen yang terbentuk antara molekul obat dan target biologisnya, seperti enzim atau DNA.

## **3.8 Integrasi Nilai Al-Quran pada Materi Ikatan Kovalen**

Ikatan kovalen, seperti ikatan kimia lainnya, adalah manifestasi dari keteraturan dan harmoni yang telah diciptakan Allah dalam alam

semesta. Dalam Al-Quran, Allah sering mengajak manusia untuk merenungkan tanda-tanda kebesaran-Nya melalui fenomena alam:

*"Dan Dia telah menundukkan untukmu apa yang di langit dan apa yang di bumi semuanya (sebagai rahmat) dari-Nya. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar terdapat tanda-tanda (kekuasaan Allah) bagi kaum yang berfikir."* (QS. Al-Jasiah: 13)

Ayat ini mengingatkan kita bahwa segala sesuatu di alam semesta, termasuk ikatan-ikatan yang mengatur materi di bumi, adalah bagian dari tanda-tanda kebesaran Allah. Ikatan kovalen adalah contoh bagaimana keteraturan dan keseimbangan dalam penciptaan memungkinkan kehidupan dan berbagai fenomena alam terjadi. Dengan memahami ikatan kimia, kita tidak hanya memperluas ilmu pengetahuan tetapi juga mengagumi kebesaran Sang Pencipta.

### 3.9 Latihan

Kerjakan latihan berikut ini sebagai Tugas Kegiatan Tersetruktur

1. Gambarlah struktur Lewis dan tentukan jenis ikatan kovalen (tunggal, rangkap dua, atau rangkap tiga) untuk molekul berikut:  $\text{CH}_4$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{CO}_2$ . Jelaskan mengapa masing-masing molekul memiliki jenis ikatan tersebut!
2. Jelaskan perbedaan antara ikatan kovalen polar dan non-polar. Berikan contoh masing-masing. Bagaimana perbedaan elektronegativitas mempengaruhi polaritas ikatan?
3. Gambarlah struktur Lewis untuk ion amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) dan jelaskan pembentukan ikatan kovalen koordinasi dalam ion ini.

Apakah ada muatan formal yang muncul dalam pembentukan ikatan tersebut?

4. Bandingkan kekuatan dan panjang ikatan dalam molekul  $H_2$ ,  $O_2$ , dan  $N_2$ . Mengapa ikatan rangkap tiga dalam  $N_2$  lebih kuat dan lebih pendek dibandingkan ikatan rangkap dua dalam  $O_2$ ?
5. Tentukan apakah molekul berikut bersifat polar atau non-polar:  $H_2O$ ,  $CO_2$ ,  $CH_4$ ,  $NH_3$ . Jelaskan pengaruh polaritas terhadap sifat fisik molekul, seperti titik didih dan kelarutan.
6. Jelaskan bagaimana ikatan kovalen berperan dalam pembentukan struktur tiga dimensi molekul besar seperti DNA dan protein. Bagaimana kekuatan ikatan kovalen mempengaruhi stabilitas struktur makromolekul ini?
7. Gambarlah struktur Lewis untuk molekul karbon tetraklorida ( $CCl_4$ ) dan tentukan apakah molekul ini bersifat polar atau non-polar. Bagaimana distribusi elektron dalam  $CCl_4$  mempengaruhi sifat kimia molekul ini?
8. Jelaskan peran ikatan kovalen dalam polimerisasi, terutama dalam pembentukan polietilena. Bagaimana ikatan kovalen antara monomer mempengaruhi sifat fisik dari polimer?
9. Analisis kekuatan ikatan dalam senyawa berikut:  $HF$ ,  $HCl$ ,  $HBr$ , dan  $HI$ . Bagaimana perbedaan elektronegativitas dan ukuran atom mempengaruhi kekuatan ikatan?

## PERTEMUAN 4

### IKATAN KOVALEN KOORDINASI

#### 4.1 Pendahuluan Ikatan Kovalen Koordinasi

Ikatan kovalen koordinasi, juga dikenal sebagai **ikatan datif**, adalah jenis ikatan kovalen di mana kedua elektron dalam pasangan elektron yang dibagikan berasal dari satu atom. Ini berbeda dari ikatan kovalen biasa, di mana setiap atom yang terlibat dalam ikatan menyumbangkan satu elektron. Ikatan kovalen koordinasi sangat penting dalam pembentukan senyawa kompleks dan memainkan peran kunci dalam banyak proses kimia dan biokimia.

#### Konsep Dasar Ikatan Kovalen Koordinasi

Dalam ikatan kovalen koordinasi:

- **Donor** adalah atom yang menyediakan pasangan elektron untuk membentuk ikatan.
- **Akseptor** adalah atom yang menerima pasangan elektron dan biasanya memiliki orbital kosong yang dapat diisi oleh elektron dari donor.

#### Contoh Sederhana: Ion Amonium ( $\text{NH}_4^+$ )

Amonia ( $\text{NH}_3$ ) memiliki atom nitrogen dengan sepasang elektron bebas. Ketika ion hidrogen ( $\text{H}^+$ ) mendekati  $\text{NH}_3$ , nitrogen menyumbangkan sepasang elektron ini untuk membentuk ikatan kovalen koordinasi dengan  $\text{H}^+$ , menghasilkan ion amonium ( $\text{NH}_4^+$ ). Setelah ikatan terbentuk, tidak ada perbedaan dalam sifat ikatan dibandingkan dengan ikatan kovalen biasa.

## 4.2 Pembentukan Ikatan Kovalen Koordinasi dalam Senyawa Kompleks

Ikatan kovalen koordinasi sering ditemukan dalam **senyawa kompleks**, terutama dalam kimia logam transisi. Dalam senyawa ini, logam pusat biasanya bertindak sebagai akseptor, sedangkan molekul atau ion yang mengelilingi logam pusat, disebut **ligan**, bertindak sebagai donor.

### Senyawa Kompleks dan Geometri Molekul

Geometri senyawa kompleks sangat bergantung pada jumlah dan jenis ligan yang berikatan dengan logam pusat. Beberapa geometri umum adalah:

#### 1. Geometri Oktahedral:

Dalam geometri oktahedral, logam pusat dikelilingi oleh enam ligan yang terletak pada sudut  $90^\circ$  satu sama lain, membentuk struktur tiga dimensi yang simetris.

#### Contoh:

Kompleks  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$  (heksaminokobalt(III) klorida), di mana kobalt dikelilingi oleh enam molekul amonia yang bertindak sebagai donor elektron.

#### Studi Kasus: Senyawa Oktahedral dan Stabilitas

Kompleks logam dengan geometri oktahedral sering kali sangat stabil karena distribusi elektron yang simetris di sekitar logam pusat. Stabilitas ini menjadikan geometri oktahedral sangat umum dalam kimia logam transisi.

## 2. Geometri Tetrahedral:

Dalam geometri tetrahedral, logam pusat dikelilingi oleh empat ligan yang terletak pada sudut  $109,5^\circ$  satu sama lain. Geometri ini kurang simetris dibandingkan dengan oktahedral tetapi masih sangat umum.

### **Contoh:**

Kompleks  $[\text{Ni}(\text{CN})_4]^{2-}$ , di mana ion nikel dikelilingi oleh empat ion sianida yang bertindak sebagai donor elektron.

### **Studi Kasus: Geometri Tetrahedral dalam Reaktivitas**

Kompleks tetrahedral sering lebih reaktif dibandingkan dengan kompleks oktahedral karena ketidakstabilan geometri yang lebih tinggi. Ini menjadikan senyawa tetrahedral penting dalam banyak reaksi katalitik.

## 3. Geometri Kuadrat Planar:

Dalam geometri kuadrat planar, logam pusat dikelilingi oleh empat ligan yang terletak dalam satu bidang, membentuk struktur planar dengan sudut  $90^\circ$ .

### **Contoh:**

Kompleks  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2]$  (cisplatin), di mana platina dikelilingi oleh dua molekul amonia dan dua ion klorida dalam susunan kuadrat planar.

### **Studi Kasus: Cisplatin dan Pengobatan Kanker**

Cisplatin adalah obat kemoterapi yang bekerja dengan berikatan pada DNA sel kanker, mengganggu replikasi sel dan menyebabkan kematian sel. Struktur kuadrat planar cisplatin memungkinkan interaksi spesifik dengan molekul DNA, yang penting untuk aktivitas antikankernya.

### **Pembentukan Kompleks Warna dalam Senyawa Koordinasi**

Senyawa kompleks logam transisi sering kali memiliki warna yang khas karena adanya transisi elektron antara orbital d di logam pusat yang terpecah oleh medan ligan. Warna yang diamati bergantung pada jenis ligan, geometri kompleks, dan jenis logam pusat.

### **Studi Kasus: Warna dalam Larutan $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$**

Kompleks tembaga(II) amonia berwarna biru karena transisi elektron antara orbital d tembaga yang terpecah oleh medan ligan amonia. Warna ini disebabkan oleh absorpsi cahaya pada panjang gelombang tertentu yang memicu transisi elektron dari tingkat energi rendah ke tingkat energi tinggi dalam orbital d.

### **Penjelasan Teknik:**

**Teori Medan Kristal (Crystal Field Theory):** Teori ini menjelaskan bagaimana interaksi antara logam transisi dan ligan mempengaruhi energi orbital d, menyebabkan pembentukan warna yang diamati dalam senyawa kompleks.

### 4.3 Peran Ikatan Kovalen Koordinasi dalam Biokimia

Ikatan kovalen koordinasi memainkan peran penting dalam banyak proses biokimia, terutama dalam fungsi enzim dan transportasi molekul dalam organisme hidup.

#### 1. Enzim dan Kofaktor Logam:

Banyak enzim menggunakan ion logam sebagai **kofaktor** yang esensial untuk aktivitas katalitik mereka. Ion logam ini sering terikat pada situs aktif enzim melalui ikatan kovalen koordinasi dengan residu asam amino. Ion logam dapat membantu dalam orientasi substrat, stabilisasi transisi keadaan, dan dalam reaksi redoks.

#### Contoh: Karboksipeptidase A

Karboksipeptidase A adalah enzim yang mengkatalisis pemutusan ikatan peptida di ujung karboksil protein. Enzim ini memiliki ion seng ( $Zn^{2+}$ ) dalam situs aktifnya, yang terikat melalui ikatan kovalen koordinasi dengan tiga residu asam amino. Ion seng membantu memfasilitasi hidrolisis ikatan peptida dengan menstabilkan intermediet reaksi.

#### 2. Hemoglobin dan Pengikatan Oksigen:

Hemoglobin adalah protein dalam sel darah merah yang bertanggung jawab untuk mengangkut oksigen dari paru-paru ke jaringan tubuh. Hemoglobin terdiri dari empat subunit, masing-masing dengan ion besi ( $Fe^{2+}$ ) yang terikat pada cincin porfirin melalui ikatan kovalen koordinasi. Oksigen ( $O_2$ ) kemudian berikatan dengan ion besi ini melalui ikatan

koordinasi reversibel, memungkinkan hemoglobin untuk mengangkut oksigen dengan efisiensi tinggi.

### **Studi Kasus: Anemia dan Peran Hemoglobin**

Anemia adalah kondisi medis di mana tubuh tidak memiliki cukup hemoglobin atau sel darah merah untuk membawa oksigen yang cukup ke jaringan. Salah satu penyebab anemia adalah kekurangan zat besi, yang mengurangi kemampuan hemoglobin untuk mengikat oksigen. Terapi yang biasa dilakukan adalah suplementasi zat besi untuk meningkatkan produksi hemoglobin.

## **4.4 Aplikasi Ikatan Kovalen Koordinasi dalam Kehidupan Sehari-hari**

Ikatan kovalen koordinasi memiliki aplikasi luas dalam berbagai bidang, termasuk kimia industri, kedokteran, dan teknologi lingkungan. Berikut beberapa aplikasi penting:

### **1. Katalis Homogen:**

Katalis homogen adalah katalis yang berada dalam fase yang sama dengan reaktan, sering kali berbentuk cairan atau larutan. Banyak katalis homogen menggunakan kompleks logam transisi yang melibatkan ikatan kovalen koordinasi antara logam pusat dan ligan. Katalis ini sangat efisien dalam mempercepat reaksi kimia tertentu dengan mengurangi energi aktivasi reaksi.

### **Contoh: Katalis Wilkinson [RhCl(PPh<sub>3</sub>)<sub>3</sub>]**

Katalis Wilkinson adalah kompleks rhodium yang digunakan untuk hidrogenasi alkena. Dalam katalis ini, rhodium terikat dengan tiga ligan fosfin (PPh<sub>3</sub>) dan satu ion klorida. Ikatan koordinasi antara rhodium dan fosfin sangat penting untuk aktivitas katalitiknya, karena fosfin dapat memodulasi sifat elektronik dan sterik dari pusat logam.

## **2. Obat Kemoterapi:**

Beberapa obat antikanker bekerja dengan membentuk ikatan kovalen koordinasi dengan molekul biologis penting, seperti DNA. Obat-obatan ini dapat mengganggu proses replikasi DNA, yang menyebabkan kematian sel kanker.

### **Contoh: Cisplatin [Pt(NH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>]**

Cisplatin adalah obat kemoterapi yang digunakan untuk mengobati berbagai jenis kanker, termasuk kanker testis, ovarium, dan kandung kemih. Cisplatin bekerja dengan berikatan secara koordinasi dengan guanin dalam DNA, menyebabkan pembelokan dan kerusakan DNA, yang menghambat replikasi dan menyebabkan apoptosis sel kanker.

## **3. Pemurnian Air:**

Ikatan kovalen koordinasi digunakan dalam teknologi pemurnian air untuk menghilangkan partikel-partikel kecil, ion logam berat, dan zat-zat berbahaya dari air.

### **Contoh: Aluminium Sulfat [Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>]**

Aluminium sulfat digunakan dalam proses **koagulasi** untuk menghilangkan kotoran koloid dalam air. Ketika ditambahkan ke air, aluminium sulfat membentuk ion [Al(H<sub>2</sub>O)<sub>6</sub>]<sup>3+</sup> yang dapat berikatan secara koordinasi dengan partikel kotoran, menyebabkan mereka bergabung menjadi partikel yang lebih besar yang dapat dengan mudah dihilangkan melalui sedimentasi atau filtrasi.

## **4.5 Inetgrasi Nilai Al-Quran pada Materi Ikatan Kovalen Koordinasi**

Ikatan kovalen koordinasi, seperti proses kimia lainnya, adalah manifestasi dari keteraturan dan kesempurnaan yang telah diciptakan oleh Allah dalam alam semesta. Interaksi kompleks antara atom-atom dan molekul dalam sistem biologis dan kimia adalah bagian dari tanda-tanda kebesaran Allah yang dapat kita pelajari dan renungkan. *"Dia yang menciptakan segala sesuatu dan Dia menetapkan ukuran-ukurannya dengan serapi-rapinya."* (QS. Al-Furqan: 2)

Ayat ini mengingatkan kita bahwa setiap detail dalam penciptaan, termasuk mekanisme ikatan koordinasi yang rumit, adalah bagian dari tanda-tanda kekuasaan dan kebijaksanaan Allah. Dengan mempelajari dan memahami ilmu kimia, kita dapat lebih mengagumi keajaiban ciptaan-Nya.

## 4.6 Latihan

Kerjakan latihan berikut ini sebagai Tugas Kegiatan Tersetruktur:

1. Gambarlah struktur Lewis untuk ion amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) dan jelaskan bagaimana ikatan kovalen koordinasi terbentuk dalam ion ini. Apa peran atom nitrogen dalam pembentukan ikatan ini?
2. Jelaskan perbedaan antara ikatan kovalen biasa dan ikatan kovalen koordinasi. Berikan contoh masing-masing. Bagaimana kedua jenis ikatan ini mempengaruhi sifat molekul?
3. Gambarlah struktur geometri molekul untuk kompleks  $[\text{Ni}(\text{CN})_4]^{2-}$  dan tentukan tipe hibridisasi yang terjadi. Bagaimana hibridisasi ini mempengaruhi geometri molekul?
4. Jelaskan bagaimana ikatan kovalen koordinasi berperan dalam aktivitas katalitik enzim yang menggunakan ion logam sebagai kofaktor. Berikan contoh enzim dan jelaskan mekanisme kerjanya.
5. Gambarlah struktur cisplatin dan jelaskan mekanisme bagaimana obat ini dapat mengikat DNA sel kanker melalui ikatan koordinasi. Mengapa ikatan ini penting untuk efek kemoterapi?
6. Analisis peran ikatan kovalen koordinasi dalam hemoglobin dan bagaimana gangguan pada ikatan ini dapat menyebabkan anemia. Apa peran zat besi dalam proses pengikatan oksigen?
7. Jelaskan mengapa senyawa kompleks logam transisi sering berwarna dan hubungkan dengan konsep ikatan kovalen koordinasi. Bagaimana transisi elektron dalam orbital d mempengaruhi warna senyawa?

8. Diskusikan penggunaan ikatan kovalen koordinasi dalam katalis Wilkinson dan jelaskan peran ligan dalam aktivitas katalitiknya. Bagaimana ligan fosfin berinteraksi dengan pusat logam rhodium?
9. Jelaskan bagaimana ikatan kovalen koordinasi digunakan dalam pemurnian air dan berikan contoh senyawa yang digunakan. Mengapa senyawa ini efektif dalam menghilangkan partikel koloid?
10. Analisis peran ikatan kovalen koordinasi dalam sistem biologis lainnya, seperti fotosintesis atau respirasi seluler. Bagaimana ion logam berperan dalam proses-proses ini?

# PERTEMUAN 5

## TEORI IKATAN VALENSI

### 5.1 Konsep Dasar Teori Ikatan Valensi

Teori Ikatan Valensi (*Valence Bond Theory*) menjelaskan bahwa ikatan kimia terbentuk ketika orbital atom dari dua atom yang berbeda tumpang tindih, dan elektron yang terlibat dalam ikatan tersebut berada dalam orbital yang sama. Tumpang tindih orbital ini menghasilkan ikatan yang stabil karena penurunan energi total sistem. Dalam ikatan kovalen, elektron-elektron pasangan ikatan berbagi ruang dalam orbital yang sama, menghasilkan ikatan sigma ( $\sigma$ ) atau ikatan pi ( $\pi$ ).

### 5.2 Pembentukan Ikatan Sigma dan Pi

#### 1. Ikatan Sigma ( $\sigma$ )

Ikatan sigma ( $\sigma$ ) adalah jenis ikatan kovalen yang terjadi akibat tumpang tindih langsung antara dua orbital atom yang menghadap satu sama lain. Ikatan sigma terbentuk antara orbital yang memiliki simetri silindris di sekitar sumbu ikatan, yang merupakan garis lurus yang menghubungkan dua inti atom. Karena sifat simetris ini, ikatan sigma adalah ikatan yang paling kuat dan sering kali menjadi ikatan pertama yang terbentuk antara dua atom.

#### Contoh:

- **Antara dua orbital s:** Misalnya, ikatan dalam molekul hidrogen ( $H_2$ ).

- **Antara orbital s dan p:** Misalnya, ikatan dalam molekul hidrogen klorida (HCl).
- **Antara dua orbital p:** Misalnya, ikatan dalam molekul nitrogen ( $N_2$ ).

### Persamaan Gelombang untuk Ikatan Sigma:

Jika kita memiliki dua orbital atomik  $\phi_A$  dan  $\phi_B$  yang berinteraksi, fungsi gelombang total  $\Psi$  untuk ikatan sigma dapat ditulis sebagai:

$$\Psi_{\sigma} = \phi_A + \phi_B$$

Bentuk ini menggambarkan bahwa fungsi gelombang ikatan sigma adalah hasil dari penjumlahan langsung antara dua fungsi gelombang orbital atomik. Karena tumpang tindih ini adalah linear dan simetris di sekitar sumbu ikatan, hal ini menghasilkan ikatan yang kuat dan stabil.

## 2. Ikatan Pi ( $\pi$ )

Ikatan pi ( $\pi$ ) terbentuk dari tumpang tindih lateral (samping) antara dua orbital p yang tidak menghadap langsung satu sama lain tetapi sejajar. Ikatan pi umumnya terbentuk setelah terbentuknya ikatan sigma dan merupakan ikatan kedua dalam ikatan rangkap dua atau ikatan ketiga dalam ikatan rangkap tiga. Ikatan pi lebih lemah dibandingkan dengan ikatan sigma karena tumpang tindih orbital yang terjadi tidak sekuat tumpang tindih dalam ikatan sigma.

### Contoh:

- **Ikatan rangkap dua** dalam molekul etilena ( $C_2H_4$ ): terdapat satu ikatan sigma dan satu ikatan pi antara dua atom karbon.
- **Ikatan rangkap tiga** dalam molekul asetilena ( $C_2H_2$ ): terdapat satu ikatan sigma dan dua ikatan pi antara dua atom karbon.

### Persamaan Gelombang untuk Ikatan Pi:

Fungsi gelombang untuk ikatan pi  $\Psi_{\pi}$  dapat dituliskan sebagai:

$$\Psi_{\pi} = \phi_{py} - \phi_{py}$$

Di sini,  $\phi_{py}$  adalah fungsi gelombang untuk orbital p pada masing-masing atom yang tumpang tindih secara lateral. Karena tumpang tindih ini terjadi di atas dan di bawah sumbu ikatan, hasilnya adalah ikatan yang lebih lemah daripada ikatan sigma.

### 5.3 Aplikasi Teori Ikatan Valensi dalam Kehidupan Sehari-hari

Ikatan sigma dan pi tidak hanya merupakan konsep penting dalam kimia teoritis tetapi juga memiliki dampak besar dalam berbagai aspek kehidupan sehari-hari. Misalnya, ikatan pi dalam molekul-molekul yang memiliki ikatan rangkap memberikan kekuatan dan stabilitas pada bahan-bahan seperti karet dan polimer. Karet, yang memiliki banyak ikatan pi dalam strukturnya, menjadi elastis dan kuat karena konfigurasi elektron dalam ikatan tersebut.

Dalam konteks lebih luas, pemahaman tentang ikatan kimia ini memungkinkan ilmuwan untuk merancang dan mensintesis bahan-bahan baru yang memiliki sifat-sifat tertentu yang diinginkan, seperti

kekuatan mekanik, fleksibilitas, dan daya tahan terhadap suhu tinggi atau bahan kimia.

#### 5.4 Persamaan Schrödinger untuk Molekul $H_2^+$

Molekul  $H_2^+$  adalah sistem sederhana yang terdiri dari dua inti hidrogen dan satu elektron. Untuk memahami distribusi elektron dalam molekul ini, kita menggunakan persamaan Schrödinger:

$$\hat{H}\Psi(r)=E\Psi(r)$$

Di mana:

- $\hat{H}$  adalah operator Hamiltonian yang mencakup energi kinetik elektron dan energi potensial interaksi antara elektron dengan dua inti hidrogen.
- $\Psi(r)$  adalah fungsi gelombang yang menggambarkan distribusi elektron.
- $E$  adalah energi total dari sistem.

Hamiltonian untuk molekul  $H_2^+$  dapat dinyatakan sebagai:

$$\hat{H} = -\frac{\hbar^2}{2m_e} \nabla^2 - \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r_A} - \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r_B} + \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 R_{AB}}$$

Di mana:

- $\hbar$  adalah konstanta Planck dibagi  $2\pi$
- $m_e$  adalah massa elektron.
- $\nabla^2$  adalah operator Laplacian.
- $r_A$  dan  $r_B$  adalah jarak antara elektron dengan masing-masing inti  $H_A$  dan  $H_B$
- $R_{AB}$  adalah jarak antara kedua inti.

## 5.5 Kombinasi Linier Fungsi Gelombang $\Psi_1$ dan $\Psi_{11}$

Ketika kedua inti  $H_A$  dan  $H_B$  terpisah jauh, dua struktur yang mungkin muncul adalah  $H_A H_B^+$  dengan fungsi gelombang  $\Psi_1$  dan  $H_A^+ H_B$  dengan fungsi gelombang  $\Psi_{11}$ . Jika  $\Psi_1$  dan  $\Psi_{11}$  setara, maka kita dapat membentuk kombinasi linier:

### 1. Fungsi Gelombang Simetris ( $\Psi_+$ ) - Keadaan Ikatan (Bonding State):

$$\Psi_+ = \frac{1}{\sqrt{2}}(\Psi_1 + \Psi_{11})$$

Densitas probabilitas atau bentuk kuadratnya adalah:

$$|\Psi_+|^2 = \left(\frac{1}{\sqrt{2}}(\Psi_1 + \Psi_{11})\right) \times \left(\frac{1}{\sqrt{2}}(\Psi_1 + \Psi_{11})\right)^*$$

$$|\Psi_+|^2 = \frac{1}{2}[(\Psi_1 + \Psi_{11}) \times (\Psi_1^* + \Psi_{11}^*)]$$

$$|\Psi_+|^2 = \frac{1}{2}[|\Psi_1|^2 + |\Psi_{11}|^2 + \Psi_1 \Psi_{11}^* + \Psi_{11} \Psi_1^*]$$

### 2. Fungsi Gelombang Antisimetri ( $\Psi_-$ ) - Keadaan Anti-ikatan (Anti-bonding State):

$$\Psi_- = \frac{1}{\sqrt{2}}(\Psi_1 - \Psi_{11})$$

Densitas probabilitas atau bentuk kuadratnya adalah:

$$|\Psi_-|^2 = \left(\frac{1}{\sqrt{2}}(\Psi_1 - \Psi_{11})\right) \times \left(\frac{1}{\sqrt{2}}(\Psi_1 - \Psi_{11})\right)^*$$

$$|\Psi_-|^2 = \frac{1}{2}[(\Psi_1 - \Psi_{11}) \times (\Psi_1^* - \Psi_{11}^*)]$$

$$|\Psi_-|^2 = \frac{1}{2}[|\Psi_1|^2 + |\Psi_{11}|^2 - \Psi_1 \Psi_{11}^* - \Psi_{11} \Psi_1^*]$$

## 5.6 Hubungan antara Fungsi Gelombang dan Rapat Elektron

Rapat elektron atau densitas elektron adalah probabilitas menemukan elektron dalam suatu volume tertentu. Bentuk kuadrat dari fungsi gelombang ( $|\Psi_+|^2$ ) dan  $|\Psi_-|^2$  memberikan informasi langsung tentang distribusi elektron dalam molekul  $H_2^+$ .

- Untuk  $|\Psi_+|^2$  (Keadaan Ikatan):

$$|\Psi_+|^2 = \frac{1}{2} [|\Psi_1|^2 + |\Psi_{11}|^2 + \Psi_1 \Psi_{11}^* + \Psi_{11} \Psi_1^*]$$

Rapat elektron ( $\rho_+$ ) lebih tinggi di antara kedua inti, menunjukkan pembentukan ikatan kovalen yang stabil.

- Untuk  $|\Psi_-|^2$  (Keadaan Anti-ikatan):

$$|\Psi_-|^2 = \frac{1}{2} [|\Psi_1|^2 + |\Psi_{11}|^2 - \Psi_1 \Psi_{11}^* - \Psi_{11} \Psi_1^*]$$

Rapat elektron ( $\rho_-$ ) lebih rendah di antara kedua inti, menunjukkan pelemahan atau penghilangan ikatan.

## 5.7 Integrasi Nilai Al-Qur'an dalam Ilmu Kimia

Dalam Al-Qur'an, Allah sering mengingatkan manusia akan tanda-tanda kebesaran-Nya yang terdapat di alam semesta, termasuk dalam penciptaan segala sesuatu secara berpasang-pasangan. Hal ini dapat dihubungkan dengan konsep ikatan dalam kimia, di mana atom-atom bergabung untuk membentuk molekul melalui ikatan kimia.

Allah berfirman dalam Surah Adz-Dzariyat ayat 49:

وَمِنْ كُلِّ شَيْءٍ خَلَقْنَا زَوْجَيْنِ لَعَلَّكُمْ تَذَكَّرُونَ

"Dan segala sesuatu Kami ciptakan berpasang-pasangan supaya kamu mengingat kebesaran Allah."

Ayat ini mengajarkan kita bahwa penciptaan segala sesuatu secara berpasangan, seperti atom yang membentuk ikatan, adalah bagian dari tanda-tanda kebesaran Allah. Pemahaman tentang ikatan kimia tidak hanya mengajarkan kita tentang struktur materi, tetapi juga tentang kesempurnaan penciptaan Allah yang terwujud dalam hukum-hukum alam yang teratur dan terukur.

## 5.8 Latihan

Kerjakan latihan berikut ini sebagai Tugas Kegiatan Tersetruktur:

1. Jelaskan konsep dasar Teori Ikatan Valensi dan bagaimana teori ini berbeda dengan teori ikatan lainnya.
2. Berikan contoh molekul yang memiliki ikatan sigma dan pi. Jelaskan bagaimana masing-masing ikatan terbentuk.
3. Mengapa ikatan sigma lebih kuat daripada ikatan pi? Jelaskan dengan menggunakan konsep tumpang tindih orbital.
4. Berikan persamaan gelombang untuk ikatan sigma antara dua atom hidrogen ( $H_2$ ).
5. Apa yang dimaksud dengan fungsi gelombang simetris ( $\Psi_+$ ) dan antisimetri ( $\Psi_-$ ) dalam konteks molekul  $H_2^+$ ?
6. Jelaskan pengaruh rapat elektron dalam pembentukan ikatan kovalen pada molekul  $H_2^+$ .
7. Bagaimana integrasi nilai-nilai Al-Qur'an dapat membantu dalam memahami konsep ikatan kimia?
8. Hitung dan bandingkan energi ikatan yang dihasilkan oleh fungsi gelombang  $\Psi_+$  dan  $\Psi_-$ !

9. Bagaimana pemahaman tentang ikatan sigma dan pi dapat diterapkan dalam industri material?
10. Berikan contoh penerapan Teori Ikatan Valensi dalam kehidupan sehari-hari dan jelaskan kaitannya.

# PERTEMUAN 6

## HIBRIDISASI

### 6.1 Pendahuluan Konsep Hibridisasi Orbital

Hibridisasi adalah proses pencampuran orbital atomik untuk membentuk orbital hibrida baru yang digunakan untuk menjelaskan geometri ikatan dalam molekul. Teori hibridisasi pertama kali diperkenalkan oleh Linus Pauling untuk menjelaskan geometri molekul yang tidak dapat dijelaskan dengan menggunakan orbital atomik tunggal yang tidak hibrid. Orbital hibrida ini memiliki bentuk dan orientasi yang memungkinkan tumpang tindih yang lebih efektif, sehingga mendukung pembentukan ikatan kovalen yang lebih kuat dan stabil.

Orbital hibrida terbentuk dari kombinasi orbital s, p, dan kadang-kadang d dari atom pusat. Orbital hibrida ini kemudian berinteraksi dengan orbital atom lainnya untuk membentuk ikatan sigma ( $\sigma$ ). Ikatan sigma merupakan ikatan yang paling kuat karena terbentuk dari tumpang tindih langsung antara dua orbital atom.

### 6.2 Tahapan Hibridisasi Berdasarkan Energinya

Hibridisasi melibatkan beberapa tahap penting, yang masing-masing berhubungan dengan perubahan energi elektron dalam atom. Berikut adalah tahapan-tahapan hibridisasi:

#### 1. Tahap *Ground State* (Keadaan Dasar)

Pada tahap ini, elektron-elektron dalam atom berada di orbital masing-masing sesuai dengan aturan Aufbau, prinsip larangan Pauli,

dan aturan Hund. Misalnya, dalam atom karbon (C) pada keadaan dasar, konfigurasi elektronnya adalah  $1s^2 2s^2 2p^2$ , dengan dua elektron dalam orbital 2s dan dua elektron terpisah dalam orbital 2p.

## 2. Tahap Eksitasi

Untuk memungkinkan pembentukan lebih banyak ikatan kovalen, atom dapat mengalami eksitasi di mana salah satu elektron dari orbital s berpindah ke orbital p yang kosong. Dalam kasus karbon, salah satu elektron dari orbital 2s berpindah ke orbital 2p yang kosong, menghasilkan konfigurasi  $1s^2 2s^1 2p^3$ . Proses eksitasi ini meningkatkan energi atom tetapi juga memungkinkan pembentukan lebih banyak ikatan.

## 3. Tahap Degenerasi Energi

Degenerasi energi adalah proses di mana orbital-orbital yang terlibat dalam hibridisasi memiliki energi yang sama atau hampir sama. Ketika orbital s dan p mengalami hibridisasi, mereka mengalami degenerasi energi, yang berarti bahwa semua orbital hibrida yang terbentuk memiliki energi yang sama. Degenerasi energi penting karena memungkinkan pembentukan orbital hibrida yang stabil.

## 4. Tahap Hibridisasi

Pada tahap ini, orbital s dan p (dan kadang-kadang d) bercampur untuk membentuk orbital hibrida baru. Hasilnya adalah orbital hibrida dengan energi yang sama dan distribusi elektron yang

simetris, yang memungkinkan pembentukan ikatan kovalen yang kuat dan stabil.

### 6.3 Tipe-tipe Hibridisasi dan Geometrinya

Ada beberapa jenis hibridisasi yang umum dalam kimia, masing-masing dengan geometri yang khas:

#### 1. Hibridisasi $sp$

Dalam hibridisasi  $sp$ , satu orbital  $s$  dan satu orbital  $p$  bercampur untuk membentuk dua orbital hibrida  $sp$  yang identik. Orbital hibrida ini berada pada sudut  $180^\circ$  satu sama lain, yang menghasilkan geometri linear. Orbital hibrida  $sp$  memiliki karakteristik 50%  $s$  dan 50%  $p$ .

**Contoh:**

#### Molekul $BeCl_2$

Dalam molekul beryllium klorida, atom  $Be$  menggunakan hibridisasi  $sp$  untuk membentuk dua ikatan sigma dengan atom  $Cl$ , menghasilkan struktur linear.

**Persamaan untuk Orbital Hibrida  $sp$ :**

$$\text{Orbital Hibrida } sp = \frac{1}{\sqrt{2}}(\phi_s + \phi_p)$$

$$\text{Orbital Hibrida } sp = \frac{1}{\sqrt{2}}(\phi_s - \phi_p)$$

#### 2. Hibridisasi $sp^2$

Hibridisasi  $sp^2$  melibatkan pencampuran satu orbital  $s$  dan dua orbital  $p$ , menghasilkan tiga orbital hibrida  $sp^2$  yang identik. Orbital

hibrida ini berorientasi pada sudut  $120^\circ$  satu sama lain, membentuk geometri trigonal planar. Orbital hibrida  $sp^2$  memiliki karakteristik 33,3% s dan 66,7% p.

**Contoh:**

### **Molekul $BF_3$**

Dalam molekul boron trifluorida, atom boron menggunakan hibridisasi  $sp^2$  untuk membentuk tiga ikatan sigma dengan tiga atom fluorin. Ketiga ikatan ini berada pada satu bidang yang sama, membentuk geometri trigonal planar.

**Persamaan untuk Orbital Hibrida  $sp^2$ :**

$$\text{Orbital Hibrida } sp^2 = \frac{1}{\sqrt{2}}(\phi_s + \phi_{px} + \phi_{py})$$

$$\text{Orbital Hibrida } sp^2 = \frac{1}{\sqrt{2}}(\phi_s + \phi_{px} - \phi_{py})$$

$$\text{Orbital Hibrida } sp^2 = \frac{1}{\sqrt{2}}(\phi_s - \phi_{px} + \phi_{py})$$

### **3. Hibridisasi $sp^3$**

Hibridisasi  $sp^3$  melibatkan pencampuran satu orbital s dan tiga orbital p, menghasilkan empat orbital hibrida  $sp^3$  yang identik. Orbital hibrida ini berorientasi pada sudut  $109.5^\circ$  satu sama lain, membentuk geometri tetrahedral. Orbital hibrida  $sp^3$  memiliki karakteristik 25% s dan 75% p.

**Contoh:**

### **Molekul $CH_4$**

Dalam molekul metana, atom karbon menggunakan hibridisasi  $sp^3$  untuk membentuk empat ikatan sigma dengan empat atom

hidrogen. Keempat ikatan ini membentuk struktur tetrahedral yang simetris.

#### **Persamaan untuk Orbital Hibrida $sp^3$ :**

$$\text{Orbital Hibrida } sp^3 = \frac{1}{\sqrt{2}}(\phi_s + \phi_{px} + \phi_{py} + \phi_{pz})$$

$$\text{Orbital Hibrida } sp^3 = \frac{1}{\sqrt{2}}(\phi_s - \phi_{px} + \phi_{py} + \phi_{pz})$$

$$\text{Orbital Hibrida } sp^3 = \frac{1}{\sqrt{2}}(\phi_s + \phi_{px} - \phi_{py} + \phi_{pz})$$

$$\text{Orbital Hibrida } sp^3 = \frac{1}{\sqrt{2}}(\phi_s + \phi_{px} + \phi_{py} - \phi_{pz})$$

#### **4. Hibridisasi $sp^3d$**

Hibridisasi  $sp^3d$  melibatkan pencampuran satu orbital  $s$ , tiga orbital  $p$ , dan satu orbital  $d$ , menghasilkan lima orbital hibrida  $sp^3d$  yang identik. Orbital hibrida ini membentuk geometri trigonal bipiramidal dengan sudut  $90^\circ$  dan  $120^\circ$ .

##### **Contoh:**

##### **Molekul $PCl_5$**

Dalam molekul fosfor pentaklorida, atom fosfor menggunakan hibridisasi  $sp^3d$  untuk membentuk lima ikatan sigma dengan atom klorin, menghasilkan geometri trigonal bipiramidal.

#### **5. Hibridisasi $sp^3d^2$**

Hibridisasi  $sp^3d^2$  melibatkan pencampuran satu orbital  $s$ , tiga orbital  $p$ , dan dua orbital  $d$ , menghasilkan enam orbital hibrida  $sp^3d^2$  yang identik. Orbital hibrida ini membentuk geometri oktahedral dengan sudut  $90^\circ$ .

### Contoh:

#### Molekul SF<sub>6</sub>

Dalam molekul sulfur heksafluorida, atom sulfur menggunakan hibridisasi sp<sup>3</sup>d<sup>2</sup> untuk membentuk enam ikatan sigma dengan atom fluor, menghasilkan geometri oktahedral.

Tabel 6.1: Geometri molekul yang dihasilkan dari berbagai jenis hibridisasi

Jenis Hibridisasi	Geometri Molekul	Sudut Ikatan	Contoh Molekul
sp	Linear	180°	BeCl <sub>2</sub>
sp <sup>2</sup>	Trigonal Planar	120°	BF <sub>3</sub>
sp <sup>3</sup>	Tetrahedral	109.5°	CH <sub>4</sub>
sp <sup>3</sup> d	Trigonal Bipiramidal	90°, 120°	PCl <sub>5</sub>
sp <sup>3</sup> d <sup>2</sup>	Oktahedral	90°	SF <sub>6</sub>

### 6.4 Contoh dan Aplikasi Hibridisasi dalam Molekul Sederhana

Hibridisasi tidak hanya digunakan untuk menjelaskan geometri molekul sederhana tetapi juga penting dalam memahami reaktivitas dan sifat kimia suatu molekul. Berikut beberapa contoh aplikasinya:

#### Contoh 1:

##### Etena (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>)

Dalam molekul etena, setiap atom karbon menggunakan hibridisasi sp<sup>2</sup> untuk membentuk tiga ikatan sigma: dua dengan atom hidrogen dan satu dengan atom karbon lainnya. Ikatan pi antara dua atom karbon terbentuk dari tumpang tindih lateral antara orbital p yang tidak hibrid. Struktur ini menghasilkan molekul dengan geometri trigonal planar di sekitar setiap atom karbon.

## Contoh 2:

### Etilena ( $C_2H_4$ )

Dalam etilena, atom karbon menggunakan hibridisasi  $sp^2$  untuk membentuk ikatan sigma dengan atom hidrogen dan karbon lainnya, menghasilkan geometri trigonal planar. Ikatan pi terbentuk dari orbital p yang tidak hibrid, yang memberikan kekuatan tambahan pada ikatan rangkap antara atom karbon.

## 6.5 Integrasi Nilai Al-Qur'an dalam Konsep Hibridisasi

Konsep hibridisasi mengajarkan kita tentang keteraturan dan keseimbangan dalam pembentukan ikatan kimia. Proses pencampuran orbital untuk membentuk orbital hibrida baru yang lebih stabil merupakan contoh dari keteraturan alam yang telah Allah ciptakan.

Allah berfirman dalam Surah Al-Mulk ayat 3:

الَّذِي خَلَقَ سَبْعَ سَمَاوَاتٍ طِبَاقًا ۗ مَا تَرَىٰ فِي خَلْقِ الرَّحْمَنِ مِن تَفَوتٍ ۗ فَإِذْ لَم تَرَ مِنَ الْفُطُورِ

*"Yang telah menciptakan tujuh langit berlapis-lapis, kamu sekali-kali tidak melihat pada ciptaan Tuhan Yang Maha Pemurah sesuatu yang tidak seimbang. Maka lihatlah berulang-ulang, adakah kamu lihat sesuatu yang tidak seimbang?"*

Ayat ini mengingatkan kita bahwa segala sesuatu yang diciptakan Allah adalah seimbang dan terukur dengan sempurna, termasuk fenomena hibridisasi dalam pembentukan ikatan kimia.

## 6.7. Latihan

Kerjakan latihan berikut ini sebagai Tugas Kegiatan Tersetruktur:

1. Jelaskan apa yang dimaksud dengan hibridisasi dan mengapa konsep ini penting dalam kimia.
2. Bagaimana hibridisasi  $sp$  terbentuk dan apa geometri yang dihasilkan?
3. Berikan contoh molekul yang menggunakan hibridisasi  $sp^2$  dan jelaskan geometrinya.
4. Apa perbedaan utama antara hibridisasi  $sp^2$  dan  $sp^3$  dalam hal geometri molekul?
5. Jelaskan bagaimana hibridisasi  $sp^3$  digunakan dalam molekul  $CH_4$ .
6. Mengapa hibridisasi  $sp^2$  menghasilkan geometri trigonal planar?
7. Bagaimana hibridisasi orbital mempengaruhi sifat kimia suatu molekul?
8. Jelaskan peran hibridisasi dalam pembentukan ikatan sigma dan pi dalam molekul etena.
9. Bagaimana nilai-nilai Al-Qur'an dapat membantu kita memahami konsep hibridisasi sebagai bagian dari keteraturan alam?
10. Berikan contoh lain dari kehidupan sehari-hari di mana konsep hibridisasi dapat diaplikasikan.

# PERTEMUAN 7

## TEORI ORBITAL MOLEKUL

### 7.1 Pendahuluan Teori Orbital Molekul

Teori Orbital Molekul (*Molecular Orbital Theory*) adalah pendekatan kuantum mekanik yang digunakan untuk memahami struktur dan sifat-sifat molekul. Tidak seperti Teori Ikatan Valensi (*Valence Bond Theory*), yang mengasumsikan ikatan terbentuk dari tumpang tindih orbital atomik individual, Teori Orbital Molekul menganggap bahwa ketika atom bergabung untuk membentuk molekul, orbital atomik mereka menggabungkan dan menghasilkan orbital molekul yang meliputi seluruh molekul. Dalam pendekatan ini, elektron tidak lagi diasosiasikan dengan satu ikatan atau satu atom tertentu, tetapi mereka terdelokalisasi di seluruh molekul.

Orbital molekul terbentuk dari kombinasi linier dari orbital atomik yang dikenal sebagai LCAO (*Linear Combination of Atomic Orbitals*). Hasil dari kombinasi ini dapat menghasilkan orbital yang lebih stabil (orbital ikatan) atau orbital yang kurang stabil (orbital anti-ikatan).

### 7.2 Pembentukan Orbital Molekul: Orbital Ikatan dan Anti-ikatan

Ketika dua atom mendekati satu sama lain, orbital atomik mereka berinteraksi dan membentuk dua jenis orbital molekul:

#### 1. Orbital Ikatan (*Bonding Orbital*):

Terbentuk ketika interferensi konstruktif terjadi antara orbital atomik. Interferensi konstruktif terjadi ketika fase dari dua fungsi

gelombang sama, menghasilkan penambahan amplitudo fungsi gelombang. Orbital ini memiliki energi lebih rendah daripada orbital atomik asalnya dan cenderung meningkatkan stabilitas molekul. Orbital ikatan memfasilitasi pembentukan ikatan antara dua atom.

Fungsi gelombang untuk orbital ikatan ( $\Psi_b$ ) dapat ditulis sebagai:

$$\Psi_b = \frac{1}{\sqrt{2}}(\Psi_A + \Psi_B)$$

Di sini,  $\Psi_A$  dan  $\Psi_B$  adalah fungsi gelombang dari orbital atomik pada atom A dan B. Interferensi konstruktif dari fungsi gelombang ini menghasilkan orbital ikatan yang lebih stabil.

## 2. Orbital Anti-ikatan (Anti-bonding Orbital):

Terbentuk ketika interferensi destruktif terjadi antara orbital atomik. Interferensi destruktif terjadi ketika fase dari dua fungsi gelombang berlawanan, menghasilkan pengurangan atau bahkan pembatalan amplitudo fungsi gelombang. Orbital ini memiliki energi lebih tinggi daripada orbital atomik asalnya dan cenderung mengurangi stabilitas molekul.

Fungsi gelombang untuk orbital anti-ikatan ( $\Psi_{ab}$ ) dapat ditulis sebagai:

$$\Psi_{ab} = \frac{1}{\sqrt{2}}(\Psi_A - \Psi_B)$$

Dalam hal ini, interferensi destruktif antara fungsi gelombang orbital atomik menghasilkan orbital anti-ikatan yang memiliki energi lebih tinggi. Elektron-elektron dalam orbital anti-ikatan cenderung

melemahkan ikatan antara dua atom, menyebabkan molekul menjadi kurang stabil.

### **Contoh: Pembentukan Orbital Molekul pada Hidrogen ( $H_2$ )**

Dalam molekul  $H_2$ , dua orbital s dari dua atom hidrogen bergabung untuk membentuk satu orbital molekul ikatan ( $\sigma_{1s}$ ) dan satu orbital molekul anti-ikatan ( $\sigma_{1s}^*$ ).

**Orbital Ikatan ( $\sigma_{1s}$ ):** Dihasilkan dari interferensi konstruktif dua orbital 1s dari dua atom hidrogen, yang mengakibatkan penurunan energi dan pembentukan ikatan antara dua atom hidrogen.

**Orbital Anti-ikatan ( $\sigma_{1s}^*$ ):** Dihasilkan dari interferensi destruktif dua orbital 1s, yang mengakibatkan peningkatan energi dan kecenderungan untuk melemahkan ikatan.

## **7.3 Diagram Energi Orbital Molekul**

Diagram energi orbital molekul adalah alat yang berguna untuk menggambarkan urutan energi dari orbital molekul yang terbentuk dari kombinasi orbital atomik. Diagram ini menunjukkan bagaimana elektron ditempatkan dalam orbital molekul dan memungkinkan kita untuk menentukan stabilitas dan sifat magnetik dari molekul tersebut.

### **Contoh: Molekul Diatomik $O_2$**

Untuk molekul diatomik seperti oksigen ( $O_2$ ), diagram energi orbital molekul menunjukkan susunan dan pengisian elektron dalam berbagai orbital molekul yang dihasilkan dari kombinasi orbital atomik 2s dan 2p.

- **Orbital  $\sigma_{2s}$  dan  $\sigma_{2s}^{**}$**  terbentuk dari kombinasi orbital 2s dari masing-masing atom oksigen.

- Orbital  $\sigma_{2p_z}$  dan  $\sigma_{2p_x}, \sigma_{2p_y}^{**}$  terbentuk dari kombinasi orbital 2p.
- Orbital  $\sigma_{2p_z}^*$  dan  $\sigma_{2p_x}^*, \sigma_{2p_y}^{**}$  adalah orbital anti-ikatan yang terbentuk dari kombinasi orbital 2p.

Molekul  $O_2$  memiliki dua elektron yang tidak berpasangan dalam orbital  $\pi_{2p_x}^*$  dan  $\pi_{2p_y}^*$ . Keberadaan dua elektron tidak berpasangan ini menyebabkan  $O_2$  bersifat paramagnetik.

### Fungsi Gelombang Orbital Molekul pada $O_2$

Fungsi gelombang untuk orbital molekul diatomik dapat dirumuskan berdasarkan kombinasi linier dari orbital atomik. Misalnya, untuk orbital molekul ikatan  $\sigma_{2p_z}$  dan  $\pi_{2p_x}$ :

$$\Psi_{\sigma_{2p_z}} = c_1 \Psi_{2p_z}(A) + c_2 \Psi_{2p_z}(B)$$

$$\Psi_{\sigma_{2p_x}} = c_1 \Psi_{2p_x}(A) + c_2 \Psi_{2p_x}(B)$$

Di sini,  $c_1$  dan  $c_2$  adalah koefisien yang menentukan kontribusi masing-masing orbital atomik terhadap orbital molekul. Orbital ikatan akan memiliki energi yang lebih rendah daripada orbital atomik asal, sementara orbital anti-ikatan akan memiliki energi yang lebih tinggi.

## 7.4 Urutan Energi Orbital Molekul untuk Molekul Diatomik Homonuklir

Untuk molekul diatomik homonuklir seperti  $N_2$ ,  $O_2$ , dan  $F_2$ , urutan energi orbital molekul sangat penting untuk menentukan sifat kimia dan fisik molekul tersebut.

### 1. Molekul N<sub>2</sub>:

Molekul N<sub>2</sub> sangat stabil karena pengisian orbital molekul yang lengkap pada orbital ikatan, dan tidak ada elektron dalam orbital anti-ikatan. Urutan energi orbital molekul adalah:

$$\sigma_{2s} < \sigma_{2s}^* < \pi_{2p_x} = \pi_{2p_y} < \sigma_{2p_z} < \pi_{2p_x}^* = \pi_{2p_y}^* < \sigma_{2p_z}^*$$

Fungsi gelombang untuk orbital ikatan dan anti-ikatan dalam N<sub>2</sub> dapat dirumuskan sebagai:

$$\Psi_{\sigma_{2p_z}} = c_1 \Psi_{2p_z}(A) + c_2 \Psi_{2p_z}(B)$$

$$\Psi_{\sigma_{2p_x}} = c_1 \Psi_{2p_x}(A) + c_2 \Psi_{2p_x}(B)$$

### 2. Molekul O<sub>2</sub>:

Molekul O<sub>2</sub> memiliki dua elektron yang tidak berpasangan dalam orbital anti-ikatan  $\pi_{2p_x}^*$  dan  $\pi_{2p_y}^*$ , yang menyebabkan sifat paramagnetik. Urutan energi mirip dengan N<sub>2</sub> tetapi dengan pengisian elektron yang berbeda.

$$\Psi_{\pi_{2p_x}^*} = c_1 \Psi_{2p_x}(A) + c_2 \Psi_{2p_x}(B)$$

$$\Psi_{\pi_{2p_y}^*} = c_1 \Psi_{2p_y}(A) - c_2 \Psi_{2p_y}(B)$$

### 3. Molekul F<sub>2</sub>:

Molekul F<sub>2</sub> lebih stabil daripada O<sub>2</sub> karena semua orbital ikatan terisi penuh, dan semua elektron dalam orbital anti-ikatan berpasangan. Urutan energi mirip dengan O<sub>2</sub> tetapi dengan pengisian yang berbeda.

$$\Psi_{\sigma_{2p_z}^*} = c_1 \Psi_{2p_z}(A) - c_2 \Psi_{2p_z}(B)$$

## 7.5 Orbital Molekul untuk Molekul Heteronuklir

Molekul heteronuklir adalah molekul yang terbentuk dari dua atom yang berbeda, seperti karbon monoksida (CO) atau hidrogen fluorida (HF). Dalam molekul heteronuklir, energi orbital atomik berbeda karena elektronegativitas dari dua atom yang terlibat tidak sama. Orbital atomik dengan energi lebih rendah akan memberikan kontribusi lebih besar terhadap orbital ikatan, sementara orbital dengan energi lebih tinggi akan berkontribusi lebih banyak terhadap orbital anti-ikatan.

### Contoh: Molekul Karbon Monoksida (CO)

Karbon monoksida adalah contoh klasik dari molekul heteronuklir. Dalam CO, karbon memiliki energi orbital 2p yang lebih tinggi daripada oksigen, yang berarti orbital oksigen berkontribusi lebih banyak terhadap orbital ikatan, sedangkan orbital karbon berkontribusi lebih banyak terhadap orbital anti-ikatan.

- **Orbital Ikatan:** Pada CO, orbital molekul ikatan  $\sigma$  terbentuk dari kombinasi orbital 2p dari karbon dan oksigen. Karena oksigen lebih elektronegatif, orbital molekul cenderung lebih mirip dengan orbital oksigen.

$$\Psi_{\sigma} = c_1\Psi_{2p}(O) + c_2\Psi_{2p}(C)$$

- **Orbital Anti-ikatan:** Sebaliknya, orbital anti-ikatan  $\sigma^*$  lebih dipengaruhi oleh kontribusi karbon yang memiliki energi orbital atomik yang lebih tinggi.

$$\Psi_{\sigma^*} = c_1\Psi_{2p}(C) - c_2\Psi_{2p}(O)$$

Perbedaan ini menyebabkan karakteristik ikatan yang unik dalam molekul heteronuklir seperti CO, di mana ikatan antara atom tidak hanya dipengaruhi oleh tumpang tindih orbital, tetapi juga oleh perbedaan elektronegativitas antara atom-atom yang terlibat.

### **Contoh: Molekul Hidrogen Fluorida (HF)**

Dalam molekul HF, atom fluor sangat elektronegatif dibandingkan dengan hidrogen, sehingga elektron dalam ikatan cenderung lebih dekat ke fluor.

- **Orbital Ikatan:** Dihasilkan dari kombinasi orbital 1s hidrogen dan orbital 2p fluor. Karena perbedaan elektronegativitas, orbital ikatan ini sangat terpolarisasi ke arah atom fluor.

$$\Psi_{\sigma} = c_1\Psi_{1s}(\text{H}) + c_2\Psi_{2p}(\text{F})$$

- **Orbital Anti-ikatan:** Lebih dipengaruhi oleh karakteristik orbital 1s dari hidrogen.

$$\Psi_{\sigma}^* = c_1\Psi_{2p}(\text{F}) - c_2\Psi_{1s}(\text{H})$$

Perbedaan ini menjelaskan mengapa HF bersifat polar dengan momen dipol yang signifikan, di mana sebagian besar elektron dalam ikatan ditarik ke arah fluor.

## **7.6 Aplikasi Teori Orbital Molekul dalam Kehidupan Sehari-hari**

Teori Orbital Molekul memiliki berbagai aplikasi praktis yang signifikan dalam berbagai bidang ilmu dan teknologi:

**Katalis:** Teori ini membantu dalam merancang katalis yang efisien dengan memahami distribusi elektron dalam orbital molekul dan bagaimana mereka berinteraksi dengan substrat kimia. Katalis yang dirancang dengan menggunakan teori orbital molekul dapat mempercepat reaksi kimia dengan mengurangi energi aktivasi.

**Contoh:**

Dalam katalisis heterogen, interaksi antara molekul reaktan dan permukaan katalis dapat dipahami melalui distribusi orbital molekul. Orbital anti-ikatan dari reaktan dapat diisi oleh elektron dari permukaan katalis, yang menyebabkan reaksi lebih mudah terjadi.

**Material Magnetik:** Sifat magnetik bahan, seperti paramagnetisme  $O_2$ , dapat dijelaskan melalui teori orbital molekul. Pemahaman tentang distribusi elektron yang tidak berpasangan dalam orbital molekul memungkinkan perancangan material dengan sifat magnetik yang diinginkan.

**Contoh:**

Desain material dengan sifat magnetik spesifik untuk digunakan dalam perangkat elektronik, memori komputer, atau aplikasi medis seperti MRI, dapat dipandu oleh teori orbital molekul.

**Kimia Kuantum:** Teori ini merupakan dasar untuk banyak perhitungan dalam kimia kuantum, yang digunakan untuk merancang obat baru dan bahan-bahan canggih. Perhitungan orbital molekul memungkinkan prediksi reaktivitas dan stabilitas molekul baru sebelum sintesis.

### Contoh:

Dalam desain obat, teori orbital molekul digunakan untuk memahami interaksi antara molekul obat dan target biologis, seperti enzim atau reseptor, yang memungkinkan pengembangan obat yang lebih efektif dengan efek samping yang minimal.

## 7.7 Integrasi Nilai Al-Qur'an dalam Teori Orbital Molekul

Teori Orbital Molekul mengajarkan kita tentang keindahan dan keteraturan dalam alam semesta. Dalam pembentukan orbital molekul, kita melihat bagaimana hukum-hukum alam yang Allah ciptakan bekerja dengan sempurna untuk menciptakan stabilitas dan keseimbangan dalam setiap molekul.

Allah berfirman dalam Surah Al-Hadid ayat 25:

لَقَدْ أَرْسَلْنَا رُسُلَنَا بِالْبَيِّنَاتِ وَأَنْزَلْنَا مَعَهُمُ الْكِتَابَ وَالْمِيزَانَ لِيُقُومَ الْنَّاسُ بِالْقِسْطِ وَأَنْزَلْنَا الْحَدِيدَ فِيهِ بَأْسٌ شَدِيدٌ وَمَنْفَعٌ لِلنَّاسِ وَلِيَعْلَمَ اللَّهُ مَن يَنْصُرُهُ وَرُسُلَهُ بِالْغَيْبِ إِنَّ اللَّهَ قَوِيٌّ عَزِيزٌ

*"Sesungguhnya Kami telah mengutus rasul-rasul Kami dengan membawa bukti-bukti yang nyata dan telah Kami turunkan bersama mereka Al-Kitab dan neraca (keadilan) agar manusia dapat melaksanakan keadilan. Dan Kami turunkan besi yang mempunyai kekuatan hebat dan berbagai manfaat bagi manusia, (supaya mereka mempergunakan besi itu) dan supaya Allah mengetahui siapa yang menolong (agama)-Nya dan rasul-rasul-Nya padahal Allah tidak dilihatnya. Sesungguhnya Allah Maha Kuat lagi Maha Perkasa."*

Ayat ini menunjukkan bagaimana Allah menciptakan hukum-hukum alam yang teratur dan seimbang, yang dapat kita lihat dalam

konsep-konsep ilmiah seperti teori orbital molekul. Sama seperti besi yang memiliki manfaat besar bagi manusia dan merupakan simbol kekuatan dan ketahanan, begitu pula pemahaman kita tentang kimia melalui teori orbital molekul memberikan kita wawasan tentang bagaimana stabilitas dan kekuatan dalam molekul diciptakan dan dipelihara.

### 7.8. Latihan

Kerjakan latihan berikut ini sebagai Tugas Kegiatan Tersetruktur:

1. Jelaskan perbedaan utama antara Teori Orbital Molekul dan Teori Ikatan Valensi. Apa kelebihan masing-masing teori dalam menjelaskan sifat molekul?
2. Apa yang dimaksud dengan orbital ikatan dan orbital anti-ikatan? Berikan contoh molekul di mana kedua jenis orbital ini signifikan.
3. Gambarkan diagram energi orbital molekul untuk molekul  $H_2$  dan jelaskan pengisian elektronnya. Bagaimana hal ini berkaitan dengan stabilitas molekul  $H_2$ ?
4. Mengapa molekul  $O_2$  bersifat paramagnetik? Jelaskan dengan menggunakan diagram orbital molekul dan sebutkan fungsi gelombang yang relevan.
5. Bagaimana Teori Orbital Molekul dapat digunakan untuk menjelaskan sifat magnetik suatu bahan? Berikan contoh material yang bersifat magnetik dan jelaskan dari sudut pandang teori ini.

6. Jelaskan urutan energi orbital molekul untuk molekul  $N_2$  dan  $O_2$ . Bagaimana perbedaan pengisian elektron pada kedua molekul ini mempengaruhi sifat kimianya?
7. Bagaimana teori orbital molekul menjelaskan stabilitas molekul? Apa hubungan antara jumlah elektron dalam orbital ikatan dan anti-ikatan dengan kekuatan ikatan dalam molekul?
8. Berikan contoh aplikasi Teori Orbital Molekul dalam desain katalis. Bagaimana pemahaman tentang orbital molekul dapat meningkatkan efisiensi katalis?
9. Hubungkan konsep teori orbital molekul dengan nilai-nilai keadilan dan keseimbangan dalam Al-Qur'an. Bagaimana ilmu pengetahuan dapat membawa kita lebih dekat untuk memahami keteraturan yang telah Allah ciptakan?
10. Bagaimana Teori Orbital Molekul dapat membantu dalam pengembangan bahan-bahan baru? Berikan contoh aplikasi material baru yang didesain berdasarkan teori ini.

## PERTEMUAN 8

### UJIAN TENGAH SEMESTER (UTS)

#### 8.1 Pendahuluan

Ujian Tengah Semester (UTS) merupakan evaluasi penting yang bertujuan untuk mengukur pemahaman mahasiswa terhadap materi yang telah diajarkan selama paruh pertama semester. Bab ini akan memberikan prediksi soal atau kisi-kisi UTS yang mencakup konsep-konsep penting dari materi yang telah dibahas, yaitu mulai dari pengantar ikatan kimia hingga teori orbital molekul. Dengan memahami kisi-kisi ini, mahasiswa diharapkan dapat mempersiapkan diri dengan lebih baik untuk menghadapi UTS.

#### 8.2 Kisi-kisi Soal UTS

Kisi-kisi soal UTS ini disusun berdasarkan pertemuan-pertemuan yang telah dipelajari, dengan fokus pada konsep-konsep inti dan aplikasi dari materi yang dibahas. Setiap pertemuan diwakili oleh beberapa soal yang mencakup berbagai tingkat kesulitan.

##### **Pertemuan 1: Pengantar Ikatan Kimia**

###### **1. Definisi dan Tipe Ikatan Kimia**

- Soal mengenai perbedaan mendasar antara ikatan ionik, kovalen, dan logam.
- Contoh soal: "Jelaskan perbedaan antara ikatan ionik dan kovalen, serta berikan contoh senyawa yang mengandung jenis ikatan tersebut."

## 2. Sejarah Teori Ikatan Kimia

- Soal mengenai tokoh-tokoh penting dan kontribusi mereka terhadap teori ikatan kimia.
- Contoh soal: "Jelaskan kontribusi Linus Pauling dalam pengembangan teori hibridisasi orbital."

## 3. Aplikasi Ikatan Kimia

- Soal mengenai penerapan konsep ikatan kimia dalam kehidupan sehari-hari.
- Contoh soal: "Bagaimana ikatan kovalen dalam molekul air ( $\text{H}_2\text{O}$ ) mempengaruhi sifat fisik air?"

### Pertemuan 2: Struktur Lewis

#### 1. Aturan Oktet dan Pengecualian

- Soal mengenai penerapan aturan oktet dan pengecualian pada struktur Lewis.
- Contoh soal: "Gambarkan struktur Lewis untuk molekul  $\text{SF}_4$  dan jelaskan mengapa molekul ini merupakan pengecualian dari aturan oktet."

#### 2. Struktur Lewis untuk Molekul Sederhana

- Soal menggambar dan menjelaskan struktur Lewis untuk berbagai molekul sederhana.
- Contoh soal: "Gambarkan struktur Lewis untuk  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{O}$ , dan jelaskan perbedaan geometri molekulnya."

### Pertemuan 3: Ikatan Kovalen

#### 1. Pembentukan dan Jenis Ikatan Kovalen

- Soal mengenai pembentukan ikatan kovalen dan perbedaan antara ikatan kovalen tunggal, rangkap dua, dan rangkap tiga.
- Contoh soal: "Bandingkan panjang ikatan dan energi ikatan antara ikatan tunggal, rangkap dua, dan rangkap tiga dalam molekul organik."

## 2. Polaritas Molekul

- Soal mengenai konsep polaritas dalam ikatan kovalen.
- Contoh soal: "Jelaskan apa yang dimaksud dengan polaritas molekul dan bagaimana polaritas ini mempengaruhi sifat fisik molekul seperti titik leleh dan titik didih."

## Pertemuan 4: Ikatan Kovalen Koordinasi

### 1. Definisi dan Contoh Ikatan Kovalen Koordinasi

- Soal mengenai konsep ikatan kovalen koordinasi dan contohnya dalam kompleks logam.
- Contoh soal: "Jelaskan mekanisme pembentukan ikatan kovalen koordinasi dalam ion amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) dan beri contoh lain dari ikatan ini."

### 2. Perbedaan dengan Ikatan Kovalen Biasa

- Soal yang meminta mahasiswa untuk membedakan antara ikatan kovalen biasa dan koordinasi.
- Contoh soal: "Apa perbedaan utama antara ikatan kovalen biasa dan ikatan kovalen koordinasi? Berikan contoh masing-masing."

## **Pertemuan 5: Teori Ikatan Valensi**

### **1. Pembentukan Ikatan Sigma dan Pi**

- Soal mengenai pembentukan ikatan sigma dan pi dalam molekul organik.
- Contoh soal: "Gambar dan jelaskan pembentukan ikatan sigma dan pi dalam molekul etena ( $C_2H_4$ )."

### **2. Aplikasi Teori Ikatan Valensi**

- Soal mengenai penerapan teori ikatan valensi dalam kimia organik.
- Contoh soal: "Bagaimana teori ikatan valensi menjelaskan pembentukan ikatan rangkap dalam senyawa karbon?"

## **Pertemuan 6: Hibridisasi**

### **1. Konsep Hibridisasi dan Geometrinya**

- Soal mengenai konsep hibridisasi orbital dan geometri yang dihasilkan.
- Contoh soal: "Jelaskan bagaimana hibridisasi  $sp^3$  terjadi pada molekul metana ( $CH_4$ ) dan bentuk geometri apa yang dihasilkan."

### **2. Contoh Hibridisasi dalam Molekul Sederhana**

- Soal mengenai penerapan konsep hibridisasi pada molekul sederhana.
- Contoh soal: "Apa jenis hibridisasi yang terjadi pada atom karbon dalam molekul etena ( $C_2H_4$ )? Jelaskan geometri yang dihasilkan."

## Pertemuan 7: Teori Orbital Molekul

### 1. Orbital Ikatan dan Anti-ikatan

- Soal mengenai konsep orbital ikatan dan anti-ikatan dalam molekul diatomik.
- Contoh soal: "Gambarlah diagram energi orbital molekul untuk molekul  $O_2$  dan jelaskan mengapa molekul ini bersifat paramagnetik."

### 2. Orbital Molekul pada Molekul Heteronuklir

- Soal mengenai penerapan teori orbital molekul pada molekul heteronuklir.
- Contoh soal: "Jelaskan pembentukan orbital molekul dalam karbon monoksida ( $CO$ ) dan bagaimana perbedaan elektronegativitas antara karbon dan oksigen mempengaruhi struktur orbital molekul."

## 8.3. Tips Menghadapi UTS

### 1. Pemahaman Konsep:

Pastikan Anda memahami setiap konsep dasar yang telah dibahas. Jangan hanya menghafal, tetapi pahami logika di balik setiap teori dan penerapannya.

### 2. Latihan Soal:

Kerjakan soal-soal latihan dan tinjau kembali soal-soal dari kuis atau tugas sebelumnya. Ini akan membantu Anda terbiasa dengan format soal yang mungkin muncul dalam UTS.

### **3. Diskusi Kelompok:**

Diskusi dengan teman sekelas dapat membantu memperdalam pemahaman Anda terhadap materi. Jelaskan konsep-konsep sulit kepada orang lain untuk menguji pemahaman Anda.

### **4. Manajemen Waktu:**

Latih diri Anda untuk menyelesaikan soal dalam waktu yang terbatas. Ini akan membantu Anda mengelola waktu selama ujian sebenarnya.

### **5. Doa dan Persiapan Mental:**

Persiapkan mental dan spiritual Anda sebelum ujian. Yakinlah pada kemampuan Anda dan berdoalah untuk hasil yang terbaik.

## PERTEMUAN 9

### TEORI DOMAIN ELEKTRON DAN BENTUK MOLEKUL

#### 9.1 Pendahuluan Teori VSEPR (*Valence Shell Electron Pair Repulsion*)

Teori VSEPR (*Valence Shell Electron Pair Repulsion*) adalah teori yang digunakan untuk memprediksi bentuk molekul berdasarkan interaksi antara domain elektron di sekitar atom pusat. Teori ini didasarkan pada prinsip bahwa pasangan elektron di kulit valensi akan saling tolak-menolak karena mereka memiliki muatan negatif yang sama. Untuk meminimalkan gaya tolak-menolak ini, pasangan elektron akan mengatur diri mereka sedemikian rupa sehingga berada pada jarak sejauh mungkin satu sama lain. Bentuk molekul yang terbentuk adalah hasil dari konfigurasi yang meminimalkan energi tolakan antara domain elektron tersebut.

Teori ini, yang pertama kali diusulkan oleh Ronald Gillespie dan Ronald Nyholm pada tahun 1957, telah menjadi salah satu alat yang paling berguna dalam kimia untuk memprediksi geometri molekul.

#### 9.2 Domain Elektron

Domain elektron mengacu pada area di sekitar atom pusat dalam suatu molekul di mana elektron, baik sebagai pasangan ikatan (*bonding pairs*) maupun pasangan elektron bebas (*lone pairs*) berada. Setiap pasangan elektron, baik yang terlibat dalam ikatan kimia

maupun yang tidak, dihitung sebagai satu domain elektron. Jumlah total domain elektron ini akan mempengaruhi distribusi spasial mereka di sekitar atom pusat, yang kemudian menentukan geometri molekul.

### **1. Elektron Ikatan sebagai Domain Elektron**

Dalam konteks teori VSEPR, pasangan elektron yang membentuk ikatan antara dua atom dihitung sebagai satu domain elektron, terlepas dari apakah ikatan tersebut adalah ikatan tunggal, rangkap dua, atau rangkap tiga. Semua jenis ikatan ini dihitung sebagai satu domain elektron karena mereka berada di satu area yang sama di sekitar atom pusat dan saling tolak-menolak dengan domain elektron lainnya.

### **2. Nomenklatur Domain Elektron**

Nomenklatur domain elektron digunakan untuk mengklasifikasikan dan menggambarkan distribusi domain elektron di sekitar atom pusat. Notasi yang umum digunakan adalah  $AX_nE_m$ , di mana A adalah atom pusat,  $X_n$  adalah jumlah atom yang terikat pada atom pusat ( $n$  = jumlah pasangan ikatan), dan  $E_m$  adalah jumlah pasangan elektron bebas pada atom pusat ( $m$  = jumlah pasangan elektron bebas). Nomenklatur ini membantu dalam memprediksi bentuk molekul berdasarkan jumlah dan jenis domain elektron yang ada.

### **3. Contoh Domain Elektron**

Beberapa contoh molekul yang mengilustrasikan konsep domain elektron antara lain:

- a) **Metana (CH<sub>4</sub>):** Karbon sebagai atom pusat memiliki empat pasangan ikatan (C-H) tanpa pasangan elektron bebas, menghasilkan geometri tetrahedral.
- b) **Air (H<sub>2</sub>O):** Oksigen sebagai atom pusat memiliki dua pasangan ikatan (O-H) dan dua pasangan elektron bebas, menghasilkan bentuk "bent" atau "angular".
- c) **Boron Trifluorida (BF<sub>3</sub>):** Boron sebagai atom pusat memiliki tiga pasangan ikatan (B-F) tanpa pasangan elektron bebas, menghasilkan geometri trigonal planar.

### 9.3 Geometri Molekul Berdasarkan Jumlah Domain Elektron

Berdasarkan teori VSEPR, bentuk molekul dapat ditentukan dengan menghitung jumlah domain elektron di sekitar atom pusat. Setiap geometri molekul yang terbentuk adalah hasil dari interaksi antara domain elektron yang berusaha menempati posisi yang meminimalkan gaya tolak-menolak. Geometri molekul yang umum meliputi:

Tabel 9.1 Geometri Molekul berdasarkan Jumlah Domain Elektron

Jumlah Domain Elektron	Geometri Dasar	Contoh Molekul	Sudut Ikatan (°)
2	Linear	CO <sub>2</sub>	180
3	Trigonal Planar	BF <sub>3</sub>	120
4	Tetrahedral	CH <sub>4</sub>	109,5
5	Trigonal Bipyramidal	PCl <sub>5</sub>	90, 120
6	Octahedral	SF <sub>6</sub>	90

Setiap geometri dasar ini juga memiliki variasi bentuk yang bergantung pada jumlah pasangan elektron bebas yang hadir.

Misalnya, dalam molekul air ( $\text{H}_2\text{O}$ ), geometri dasarnya adalah tetrahedral, tetapi bentuk aktualnya adalah "bent" atau "angular" karena kehadiran pasangan elektron bebas. Berdasarkan Tabel 9.1 diketahui bahwa bentuk molekul:

- a) **Linear:** Molekul dengan dua domain elektron di sekitar atom pusat, seperti  $\text{CO}_2$ , mengadopsi bentuk linear dengan sudut ikatan  $180^\circ$ . Semua domain elektron berada pada garis lurus, sehingga menghasilkan geometri yang simetris.
- b) **Trigonal Planar:** Tiga domain elektron, seperti pada  $\text{BF}_3$ , menghasilkan bentuk trigonal planar dengan sudut ikatan  $120^\circ$ . Domain elektron terletak pada satu bidang datar, membentuk segitiga sama sisi.
- c) **Tetrahedral:** Empat domain elektron, seperti pada  $\text{CH}_4$ , mengadopsi bentuk tetrahedral dengan sudut ikatan  $109,5^\circ$ . Domain elektron tersebar simetris dalam ruang tiga dimensi, membentuk empat wajah segitiga yang sama sisi.
- d) **Trigonal Bipyramidal:** Lima domain elektron, seperti pada  $\text{PCl}_5$ , menghasilkan geometri trigonal bipyramidal. Tiga domain berada dalam bidang trigonal planar (dengan sudut  $120^\circ$ ), dan dua domain lainnya berada di atas dan di bawah bidang tersebut (dengan sudut  $90^\circ$ ).
- e) **Octahedral:** Enam domain elektron, seperti pada  $\text{SF}_6$ , membentuk geometri octahedral dengan sudut ikatan  $90^\circ$ . Semua domain elektron terletak pada simpul-simpul oktahedron, membentuk delapan wajah segitiga sama sisi.

## 9.4 Aplikasi Teori VSEPR dalam Menentukan Geometri Molekul

Teori VSEPR digunakan untuk memprediksi bentuk molekul dalam berbagai kasus, termasuk molekul dengan atom pusat yang memiliki lebih dari delapan elektron di kulit valensi, seperti  $\text{SF}_4$  dan  $\text{XeF}_2$ . Aplikasi ini juga membantu dalam memahami sifat polaritas molekul, seperti dalam kasus  $\text{CO}_2$  yang non-polar dan  $\text{H}_2\text{O}$  yang polar.

Sebagai contoh, dalam molekul  $\text{SF}_4$  (sulfur tetrafluorida), sulfur dikelilingi oleh lima domain elektron (empat pasangan ikatan dan satu pasangan elektron bebas), menghasilkan bentuk molekul "seesaw." Aplikasi teori VSEPR juga relevan dalam desain molekul untuk reaksi kimia dan analisis struktur kristal.

## 9.5 Keterbatasan Teori VSEPR

Meskipun teori VSEPR sangat berguna, ia memiliki keterbatasan, terutama dalam menjelaskan bentuk molekul dengan interaksi ikatan hidrogen yang kuat atau molekul dengan interaksi van der Waals yang signifikan. Dalam situasi-situasi tersebut, pendekatan lain seperti teori orbital molekul mungkin diperlukan untuk mendapatkan pemahaman yang lebih akurat tentang geometri molekul.

## 9.6 Integrasi Nilai Al-Quran pada Materi VSEPR

Dalam perspektif Al-Quran, prinsip keseimbangan dan harmoni yang mendasari teori VSEPR sejalan dengan ajaran Islam

mengenai penciptaan alam semesta. Allah SWT menciptakan segala sesuatu dengan ukuran dan perhitungan yang tepat, seperti yang difirmankan dalam Al-Quran, "Sesungguhnya Kami menciptakan segala sesuatu menurut ukuran" (QS. Al-Qamar: 49). Prinsip ini tercermin dalam teori VSEPR, di mana elektron-elektron dalam molekul mengatur diri mereka untuk mencapai keseimbangan yang optimal, serupa dengan bagaimana alam semesta diatur dengan keseimbangan yang sempurna.

Pemahaman tentang bagaimana Allah SWT menciptakan struktur dan keteraturan dalam molekul mengajarkan kita untuk menghargai keindahan dan kebesaran-Nya dalam ilmu pengetahuan. Dengan mempelajari teori VSEPR, kita dapat lebih menghargai kebesaran Allah dalam menciptakan sistem yang begitu teratur dan harmonis, di mana setiap elektron, meskipun tidak terlihat oleh mata, memainkan peran penting dalam menjaga stabilitas dan fungsi alam.

## 9.7 Latihan

Kerjakan latihan berikut ini sebagai Tugas Kegiatan Tersetruktur:

1. Jelaskan bagaimana Teori VSEPR memprediksi bentuk molekul dengan dua domain elektron di sekitar atom pusat.
2. Sebutkan dan jelaskan bentuk molekul yang dihasilkan jika sebuah molekul memiliki tiga domain elektron tanpa pasangan elektron bebas.
3. Berikan contoh molekul dengan geometri trigonal bipiramidal dan jelaskan distribusi domain elektronnya.

4. Mengapa molekul air ( $\text{H}_2\text{O}$ ) memiliki bentuk "bent" meskipun geometri dasarnya adalah tetrahedral?
5. Bagaimana peran pasangan elektron bebas mempengaruhi bentuk molekul dalam teori VSEPR?
6. Gambarkan dan jelaskan bentuk molekul  $\text{SF}_4$  menggunakan teori VSEPR.
7. Bagaimana Al-Quran mengajarkan konsep keseimbangan yang tercermin dalam teori VSEPR?
8. Jelaskan perbedaan antara ikatan kovalen tunggal, rangkap dua, dan rangkap tiga dalam konteks domain elektron.
9. Mengapa teori VSEPR mungkin tidak akurat dalam menjelaskan bentuk molekul dengan ikatan hidrogen yang kuat?
10. Sebutkan contoh molekul dengan geometri octahedral dan jelaskan bagaimana teori VSEPR memprediksi bentuk tersebut!

## PERTEMUAN 10

### IKATAN ION

#### 10.1 Pendahuluan Ikatan Ion

Ikatan ion merupakan salah satu jenis ikatan kimia yang terjadi ketika terdapat transfer penuh elektron dari satu atom ke atom lainnya, menghasilkan pembentukan ion positif (kation) dan ion negatif (anion). Umumnya, ikatan ini terbentuk antara atom logam dengan atom non-logam. Dalam ikatan ionik, atom logam, yang biasanya memiliki energi ionisasi rendah, cenderung melepaskan satu atau lebih elektron dari kulit terluarnya. Sebaliknya, atom non-logam, dengan afinitas elektron tinggi, cenderung menerima elektron tersebut. Transfer elektron ini menghasilkan gaya tarik-menarik elektrostatik yang kuat antara kation dan anion, membentuk ikatan ionik. Sebagai contoh, dalam pembentukan natrium klorida (NaCl), atom natrium (Na) melepaskan satu elektron untuk menjadi  $\text{Na}^+$ , sementara atom klor (Cl) menerima elektron tersebut untuk menjadi  $\text{Cl}^-$ . Gaya tarik elektrostatik antara  $\text{Na}^+$  dan  $\text{Cl}^-$  menghasilkan pembentukan struktur kristal ionik NaCl yang stabil.

#### 10.2 Pembentukan dan Struktur Kristal Ionik

##### Proses Pembentukan Ion:

##### 1. Pembentukan Kation:

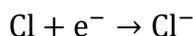
Atom logam cenderung kehilangan elektron untuk mencapai konfigurasi elektron stabil serupa dengan gas mulia terdekat.

Misalnya, atom natrium (Na) memiliki konfigurasi elektron [Ne]3s<sup>1</sup>. Dengan melepaskan satu elektron dari kulit terluarnya, Na menjadi Na<sup>+</sup> dengan konfigurasi elektron [Ne], yang stabil.



## 2. Pembentukan Anion:

Atom non-logam cenderung menerima elektron untuk mencapai konfigurasi stabil seperti gas mulia. Misalnya, atom klor (Cl) yang memiliki konfigurasi [Ne]3s<sup>2</sup>3p<sup>5</sup> akan menerima satu elektron tambahan untuk mencapai konfigurasi elektron [Ar].



### Struktur Kristal Ionik:

Senyawa ionik, seperti natrium klorida, memiliki struktur kristal yang teratur, yang dikenal sebagai kisi kristal (crystal lattice). Dalam struktur ini, setiap ion positif dikelilingi oleh ion negatif, dan sebaliknya, menciptakan pola yang sangat simetris. Struktur kristal ini minim energi karena gaya tarik-menarik elektrostatik antara ion-ion yang berlawanan muatan, yang memberikan kestabilan yang luar biasa pada senyawa ionik. Pada NaCl, ion Na<sup>+</sup> dan Cl<sup>-</sup> tersusun dalam pola kubus berpusat muka (*face-centered cubic*), yang merupakan salah satu bentuk kisi kristal paling umum.

### 10.3 Energi Tarikan Elektrostatik dalam Ikatan Ionik

Ikatan ionik terbentuk ketika ion positif dan negatif ditarik bersama oleh gaya elektrostatik. Energi dari tarikan elektrostatik ini

(E), yang merupakan ukuran kekuatan gaya tersebut, berbanding terbalik dengan jarak internuklir antara partikel yang bermuatan ( $r$ ):

$$E \propto \frac{Q_1 Q_2}{r}$$
$$E = k \frac{Q_1 Q_2}{r}$$

Dalam persamaan ini, simbol  $Q$  mewakili muatan dari setiap ion. Konstanta proporsionalitas  $k$  bernilai  $2,31 \times 10^{-28}$  J.m. Nilai ini mencakup muatan elektron tunggal ( $1,6022 \times 10^{-19}$  C) untuk setiap ion. Persamaan tersebut juga dapat ditulis dengan memasukkan muatan masing-masing ion yang diekspresikan dalam coulomb (C) ke dalam konstanta, di mana konstanta proporsionalitas  $k$  menjadi  $8,999 \times 10^9$  J.m/C<sup>2</sup>. Dalam contoh NaCl,  $Q_1 = +1(1,6022 \times 10^{-19} \text{C})$  dan  $Q_2 = -1(1,6022 \times 10^{-19} \text{C})$ . Jika  $Q_1$  dan  $Q_2$  memiliki tanda yang berlawanan (seperti pada NaCl, di mana  $Q_1$  adalah +1 untuk  $\text{Na}^+$  dan  $Q_2$  adalah -1 untuk  $\text{Cl}^-$ ), maka  $E$  bernilai negatif, yang berarti energi dilepaskan ketika ion-ion yang bermuatan berlawanan ini didekatkan dari jarak tak terhingga untuk membentuk pasangan ion terisolasi.

### **Energi yang Dilepaskan Saat Pembentukan Ion Pasangan:**

Energi yang dilepaskan ketika ion  $\text{Na}^+$  dalam fase gas dan ion  $\text{Cl}^-$  dalam fase gas didekatkan dari jarak  $r = \infty$  ke jarak  $r = r_0$ . Dengan jarak internuklir fase gas yang diamati sebesar 236 pm, perubahan energi yang terkait dengan pembentukan pasangan ion dari ion  $\text{Na}^+(\text{g})$  dan  $\text{Cl}^-(\text{g})$  adalah sebagai berikut:

$$E = k \frac{Q_1 Q_2}{r} = (2,32 \times 10^{-28} \text{J} \cdot \text{m}) \left( \frac{(+1)(-1)}{236 \text{ pm} \times \frac{1 \times 10^{-12} \text{ m}}{\text{pm}}} \right)$$

$$= -9,79 \times 10^{-19} \text{J/pasangan ion}$$

Nilai negatif menunjukkan bahwa energi dilepaskan. Dalam konteks ini, jika suatu proses kimia menyediakan energi ke dunia luar, perubahan energi tersebut bernilai negatif. Sebaliknya, jika memerlukan energi, perubahan energi bernilai positif. Untuk menghitung perubahan energi dalam pembentukan satu mol pasangan NaCl, kita perlu mengalikan energi per pasangan ion dengan bilangan Avogadro:

$$E = (-9,79 \times 10^{-19} \text{J/pasangan ion}) \times (6,022 \times 10^{23} \text{ pasangan ion/mol})$$

$$= -589 \text{ kJ/mol}$$

Ini adalah energi yang dilepaskan ketika 1 mol pasangan ion dalam fase gas terbentuk, bukan ketika 1 mol ion positif dan negatif mengembun membentuk kisi kristal. Oleh karena adanya interaksi jangka panjang dalam struktur kisi, energi ini tidak secara langsung berkaitan dengan energi kisi dari padatan kristal. Namun, nilai negatif yang besar menunjukkan bahwa mendekatkan ion positif dan negatif adalah proses yang sangat menguntungkan secara energetik, baik itu dalam bentuk pasangan ion atau kisi kristal.

### **Energi Potensial terhadap Jarak Internuklir**

Pada jarak  $r_0$ , ion-ion lebih stabil (memiliki energi potensial lebih rendah) dibandingkan ketika mereka berada pada jarak internuklir tak terhingga. Ketika ion-ion yang bermuatan berlawanan

didekatkan dari  $r=\infty$  ke  $r=r_0$ , energi sistem menurun (energi dilepaskan). Pada saat energi potensial rendah pada  $r_0$ , energi harus ditambahkan ke sistem untuk memisahkan ion-ion tersebut. Jumlah energi yang diperlukan disebut energi ikatan. Energi sistem mencapai minimum pada jarak internuklir tertentu (jarak ikatan).

Energi sistem mencapai minimum pada jarak  $r_0$  ketika interaksi tarik-menarik dan tolak-menolak berada dalam keseimbangan. Selain itu, terdapat aplikasi dari pHet yang menggambarkan poin yang sama untuk atom netral. Anda dapat memindahkan atom yang tidak dipaku terhadap atom yang dipaku dengan menyeretnya, dan Anda dapat melihat di mana pada kurva potensial Anda berada sebagai fungsi dari jarak antar atom. Perbedaan utama antara kurva untuk tarikan ionik dan atom netral adalah bahwa gaya antara ion jauh lebih kuat sehingga kedalaman sumurnya jauh lebih dalam. Aplikasi ini akan kita bahas kembali ketika kita berbicara tentang ikatan yang tidak bersifat ionik.

#### **10.4 Kisi Kristal Ionik**

Kisi kristal ionik adalah struktur yang terbentuk dari pola berulang pasangan ion yang tak terbatas. Untuk memahami dasar-dasar ikatan ionik, kita akan menggunakan garam meja, NaCl, sebagai contoh untuk membahas ikatan ionik.

Pada NaCl, sebuah elektron ditransfer dari setiap atom natrium ke atom klorin, menghasilkan  $\text{Na}^+$  dan  $\text{Cl}^-$ . Ukuran kisi kristal bergantung pada ukuran fisik kristal yang bisa berskala mikroskopis, beberapa nm di setiap sisi hingga makroskopis, beberapa cm atau

lebih. Kristal garam yang dibeli di toko bisa memiliki ukuran mulai dari beberapa persepuluh mm pada garam meja yang digiling halus hingga beberapa mm pada garam kasar yang digunakan dalam memasak. Mengingat bahwa jarak antara ion  $\text{Na}^+$  dan  $\text{Cl}^-$  adalah sekitar 240 pm, sebuah kristal yang memiliki panjang sisi 2,4 mm memiliki sekitar  $1 \times 10^7$  unit  $\text{Na}^+\text{-Cl}^-$ , dan sebuah kubus garam dengan panjang sisi 2 mm akan mengandung sekitar  $2 \times 10^{21}$  atom.

Ion-ion ini mengatur diri mereka menjadi kisi yang meluas. Ciri khas dari kisi-kisi ini adalah mereka mengisi ruang tanpa adanya kekosongan. Memikirkan ini dalam tiga dimensi ternyata cukup kompleks. Dalam alam, hanya ada 14 kisi seperti ini, yang disebut kisi Bravais, dinamai menurut **August Bravais** yang pertama kali mengklasifikasikannya pada tahun 1850. Perlu diingat bahwa ion  $\text{Na}^+$ , yang ditampilkan di sini dalam warna ungu, akan jauh lebih kecil daripada atom Na, dan ion  $\text{Cl}^-$  akan jauh lebih besar daripada atom Cl. Pola berulang ini disebut sel satuan.

Diagram ini cukup mudah digambar dengan komputer, tetapi sangat sulit untuk digambar dengan tangan secara meyakinkan. Biasanya kita menggambar versi "terbuka" yang terlihat seperti ini: Secara kebetulan kita juga bisa saja memusatkan diagram ini di sekitar ion klorida—yang tentu saja juga akan disentuh oleh 6 ion natrium. Natrium klorida digambarkan sebagai senyawa dengan koordinasi 6:6. Diagram ini hanya mewakili sebagian kecil dari seluruh kristal natrium klorida; pola ini diulang dengan cara yang sama pada ion-ion yang tak terhitung jumlahnya.

## 10.5 Struktur Padatan Kristal Ionik

### Struktur Kristal dan Ukuran Ion:

Kristal ionik terdiri dari dua atau lebih jenis ion yang biasanya memiliki ukuran berbeda. Penyusunan ion-ion ini ke dalam struktur kristal lebih kompleks dibandingkan dengan penyusunan atom-atom logam yang memiliki ukuran sama. Sebagian besar ion monoatomik berperilaku seperti bola bermuatan, dan daya tarik mereka terhadap ion dengan muatan berlawanan adalah sama dalam setiap arah. Akibatnya, struktur stabil untuk senyawa ionik terbentuk (1) ketika ion dengan satu muatan dikelilingi oleh sebanyak mungkin ion dengan muatan berlawanan dan (2) ketika kation dan anion bersentuhan satu sama lain. Struktur ini ditentukan oleh dua faktor utama: ukuran relatif ion dan rasio jumlah ion positif dan negatif dalam senyawa tersebut.

Anion umumnya lebih besar daripada atom netralnya karena tambahan elektron yang tertarik ke inti. Demikian pula, kation umumnya lebih kecil daripada atom netralnya karena memiliki lebih sedikit elektron yang tertarik ke inti. Dalam struktur ionik sederhana, biasanya anion yang lebih besar tersusun dalam susunan terpadat. Kation yang lebih kecil biasanya menempati salah satu dari dua jenis lubang (atau interstisi atau situs interstitial) yang terletak di antara anion. Jenis lubang yang lebih kecil ditemukan di antara tiga anion dalam satu bidang dan satu anion di bidang yang berdekatan. Empat anion yang mengelilingi lubang ini tersusun di sudut-sudut sebuah tetrahedron, sehingga lubang ini disebut lubang tetrahedral. Jenis

lubang yang lebih besar ditemukan di pusat enam anion (tiga di satu lapisan dan tiga di lapisan yang berdekatan) yang terletak di sudut-sudut sebuah oktahedron; lubang ini disebut lubang oktahedral.

Pada dasarnya kation suatu senyawa ionik dapat menempati lubang tetrahedral atau oktahedral tergantung pada ukuran relatif kation dan anion. Kation yang relatif kecil menempati lubang tetrahedral, dan kation yang lebih besar menempati lubang oktahedral. Jika kation terlalu besar untuk masuk ke dalam lubang oktahedral, anion dapat mengadopsi struktur yang lebih terbuka, seperti susunan kubik sederhana. Kation yang lebih besar kemudian dapat menempati lubang kubik yang lebih besar yang dimungkinkan oleh jarak yang lebih terbuka.

Ada dua lubang tetrahedral untuk setiap anion dalam susunan anion HCP atau CCP. Senyawa yang mengkristal dalam susunan terpadat anion dengan kation dalam lubang tetrahedral dapat memiliki rasio maksimum kation sebesar 2:1; semua lubang tetrahedral terisi pada rasio ini. Contohnya termasuk  $\text{Li}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{Li}_2\text{S}$ , dan  $\text{Na}_2\text{S}$ . Senyawa dengan rasio kurang dari 2:1 juga dapat mengkristal dalam susunan terpadat anion dengan kation dalam lubang tetrahedral, jika ukuran ionnya sesuai. Namun, pada senyawa ini, beberapa lubang tetrahedral tetap kosong.

Ada satu lubang oktahedral untuk setiap anion dalam struktur HCP atau CCP. Dengan demikian, senyawa dengan kation dalam lubang oktahedral dalam susunan terpadat anion dapat memiliki rasio maksimum kation sebesar 1:1. Pada  $\text{NiO}$ ,  $\text{MnS}$ ,  $\text{NaCl}$ , dan  $\text{KH}$ ,

misalnya, semua lubang oktahedral terisi. Rasio kurang dari 1:1 diamati ketika beberapa lubang oktahedral tetap kosong.

Dalam susunan kubik sederhana anion, ada satu lubang kubik yang dapat ditempati oleh kation untuk setiap anion dalam susunan tersebut. Pada CsCl, dan dalam senyawa lain dengan struktur yang sama, semua lubang kubik terisi. Setengah dari lubang kubik terisi pada SrH<sub>2</sub>, UO<sub>2</sub>, SrCl<sub>2</sub>, dan CaF<sub>2</sub>.

### **Senyawa Ionik Tipe AB:**

Senyawa ionik tipe AB memiliki tiga jenis struktur kristal yaitu tipe NaCl, ZnS dan CsCl.

### **Struktur Tipe Natrium Klorida (Rock Salt):**

Struktur natrium klorida terdiri dari ion Na<sup>+</sup> dan Cl<sup>-</sup>. Jumlah ion natrium sama dengan jumlah ion Cl<sup>-</sup>. Jari-jari ion Na<sup>+</sup> dan Cl<sup>-</sup> masing-masing adalah 95 pm dan 181 pm, sehingga rasio jari-jari sebesar 0,524. Ini diperoleh dari:

$$\frac{R_{\text{Na}^+}}{R_{\text{Cl}^-}} = \frac{95}{181} = 0,524$$

Rasio ini menunjukkan adanya void oktahedral. Ion klorida, dalam sel satuan tipikal, tersusun dalam kemasan kubus terdekat (*cubic close packing/ccp*). Dalam susunan ini, ion Cl<sup>-</sup> berada di sudut-sudut dan di tengah setiap muka kubus. Susunan ini juga disebut sebagai susunan kubus berpusat muka (*face-centered cubic/fcc*).

Ion natrium hadir di semua lubang oktahedral. Karena jumlah lubang oktahedral dalam struktur ccp sama dengan jumlah anion,

setiap lubang oktahedral diisi oleh ion  $\text{Na}^+$ , sehingga formula natrium klorida adalah  $\text{NaCl}$ , dengan stoikiometri 1:1. Setiap ion  $\text{Cl}^-$  dikelilingi oleh 6 ion  $\text{Na}^+$ , dan demikian pula, setiap ion  $\text{Na}^+$  dikelilingi oleh 6 ion  $\text{Cl}^-$ , menghasilkan koordinasi 6:6. Rasio jari-jari aktual ( $r_{\text{Na}^+}/r_{\text{Cl}^-}=0,524$ ) sedikit melebihi rasio ideal, menyebabkan ion  $\text{Cl}^-$  sedikit bergerak menjauh untuk mengakomodasi ion  $\text{Na}^+$  yang lebih besar, membentuk kisi berpusat muka yang meluas. Jumlah unit  $\text{NaCl}$  setiap unit sel adalah 4.

### **Struktur Tipe Zinc Blende (ZnS) (Sphalerite):**

Kristal seng sulfida terdiri dari jumlah yang sama antara ion  $\text{Zn}^{2+}$  dan  $\text{S}^{2-}$ . Jari-jari kedua ion tersebut ( $\text{Zn}^{2+} = 74 \text{ pm}$  dan  $\text{S}^{2-} = 184 \text{ pm}$ ) menghasilkan rasio jari-jari sebesar 0,40, menunjukkan adanya susunan tetrahedral. Ion seng tersusun dalam susunan ccp, dengan ion sulfida berada di sudut-sudut dan di tengah-tengah setiap muka kubus.

Hanya setengah dari lubang tetrahedral yang diisi oleh ion  $\text{Zn}^{2+}$ , menghasilkan stoikiometri  $\text{ZnS}$  dengan koordinasi 4:4. Rasio aktual ( $r_{\text{Zn}^{2+}}/r_{\text{S}^{2-}}=0,40$ ) sedikit melebihi rasio ideal. Jumlah unit  $\text{ZnS}$  per unit sel adalah 4. Contoh padatan ionik dengan struktur zinc blende meliputi  $\text{CuC}$ ,  $\text{CuBr}$ ,  $\text{CuI}$ ,  $\text{AgI}$ , dan berilium sulfida.

### **Struktur Wurtzite:**

Wurtzite adalah bentuk alternatif  $\text{ZnS}$  yang terdapat di alam. Ion sulfida memiliki susunan HCP, dan ion seng mengisi void tetrahedral. Hanya setengah dari void tetrahedral yang diisi oleh ion

$Zn^{2+}$ , menghasilkan koordinasi 4:4. Struktur wurtzite dan zink blende adalah  $ZnS$  yang keduanya memiliki stoikiometri sama tetapi berbeda dalam pengaturan ion dan ruang antar-ion, sehingga menghasilkan perbedaan dalam sifat fisik tertentu. Jumlah unit per unit sel adalah 6.

### **Struktur Caesium Chloride ( $CsCl$ ):**

Kristal cesium klorida terdiri dari jumlah yang sama antara ion cesium ( $Cs^+$ ) dan klorida ( $Cl^-$ ). Jari-jari kedua ion tersebut ( $Cs^+ = 169$  pm dan  $Cl^- = 181$  pm) menghasilkan rasio jari-jari sebesar 0,93, menunjukkan adanya struktur kubus berpusat tubuh (*body-centered cubic*). Ion klorida membentuk susunan kubus sederhana, dan ion cesium mengisi lubang interstisial kubus. Setiap ion  $Cs^+$  dikelilingi oleh 8 ion  $Cl^-$  dan sebaliknya, menghasilkan koordinasi 8:8.

### **Senyawa Ionik Tipe $AB_2$ :**

#### **Struktur Fluorite:**

Ion  $Ca^{2+}$  tersusun dalam susunan ccp, menempati semua sudut dan tengah setiap muka kubus, sementara ion  $F^-$  mengisi semua lubang tetrahedral, menghasilkan stoikiometri 1:2 dengan koordinasi 8:4. Jumlah unit  $CaF_2$  per unit sel adalah 4.

#### **Struktur Anti-Fluorite:**

Senyawa dengan formula  $A_2B$  memiliki struktur anti-fluorite, di mana susunan kation dan anionnya berlawanan dengan struktur fluorite. Sebagai contoh,  $Li_2O$  memiliki struktur anti-fluorite, dengan

ion oksida membentuk kisi ccp dan ion  $\text{Li}^+$  mengisi semua lubang tetrahedral, menghasilkan koordinasi 4:8.

### **Struktur Corundum:**

Senyawa dengan formula umum  $\text{A}_2\text{O}_3$  mengkristal dalam struktur corundum, dengan anion oksida membentuk kisi heksagonal primitif dan dua pertiga dari lubang oktahedral diisi dengan kation trivalen.

### **Struktur Perovskite:**

Formula umum untuk struktur perovskite adalah  $\text{ABO}_3$ , dengan kation bivalen dan tetravalen dalam kisi kubus primitif, dengan ion oksida berada di pusat semua enam muka persegi.

### **Struktur Spinel dan Inverse Spinel:**

Struktur spinel diwakili sebagai  $\text{M}^{2+}\text{M}_2^{3+}\text{O}_4$ , dengan  $\text{M}^{2+}$  berada di satu perdelapan lubang tetrahedral dan  $\text{M}^{3+}$  di setengah lubang oktahedral dalam kisi FCC dari ion oksida. Contohnya termasuk  $\text{MgAl}_2\text{O}_4$ ,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , dan  $\text{FeCr}_2\text{O}_4$ .

## **10.6 Energi Kisi dalam Padatan Ionik**

Reaksi antara logam dan non-logam biasanya menghasilkan senyawa ionik; yaitu, elektron ditransfer dari logam ke non-logam. Bijih logam umumnya merupakan kombinasi atom logam dengan atom oksigen, dan kombinasi ini terjadi ketika logam berkarat, sehingga proses di mana elektron ditransfer ke atom oksigen dari atom

logam dikenal sebagai oksidasi logam, dan proses sebaliknya, di mana logam murni dihasilkan, disebut reduksi bijih menjadi logam.

Senyawa ionik biasanya merupakan zat kristalin yang kaku, rapuh, dengan permukaan datar yang berpotongan pada sudut karakteristik. Mereka tidak mudah berubah bentuk, dan mereka meleleh pada suhu yang relatif tinggi. NaCl, misalnya, meleleh pada 801°C. Sifat-sifat ini dihasilkan dari pengaturan teratur ion-ion dalam kisi kristal dan dari gaya tarik-menarik elektrostatik yang kuat antara ion-ion dengan muatan berlawanan.

Pada dasarnya saat pembentukan pasangan ion dari ion-ion yang terisolasi melepaskan sejumlah besar energi, lebih banyak energi yang dilepaskan ketika pasangan ion ini mengembun membentuk susunan tiga dimensi yang teratur. Dalam susunan seperti itu, setiap kation dalam kisi dikelilingi oleh lebih dari satu anion (biasanya empat, enam, atau delapan) dan sebaliknya, sehingga sistem ini lebih stabil dibandingkan dengan sistem yang terdiri dari pasangan ion yang terpisah, di mana hanya ada satu interaksi kation-anion dalam setiap pasangan. Perlu dicatat bahwa  $r_0$  mungkin berbeda antara dimer fase gas dan kisi kristal.

### **Perhitungan Energi Kisi:**

Energi kisi hampir semua padatan ionik dapat dihitung dengan cukup akurat menggunakan persamaan berikut:

$$U = -k' \frac{Q_1 Q_2}{r_0}, \text{ dimana } U > 0$$

U selalu merupakan bilangan positif, mewakili jumlah energi yang diperlukan untuk mendisosiasi 1 mol padatan ionik menjadi ion-ion gas.  $Q_1$  dan  $Q_2$  adalah muatan pada ion-ion tersebut dan  $r_0$  adalah jarak internuklir. Berdasarkan persamaan tersebut diketahui bahwa energi kisi secara langsung terkait dengan hasil kali muatan ion dan berbanding terbalik dengan jarak internuklir. Nilai konstanta  $k'$  tergantung pada pengaturan spesifik ion-ion dalam kisi padatan dan konfigurasi elektron valensi mereka, topik yang akan dibahas lebih lanjut pada semester kedua. Nilai-nilai perwakilan untuk energi kisi yang dihitung, yang berkisar antara sekitar 600 hingga 10.000 kJ/mol, tercantum dalam Tabel 10.2 Energi-energi sebesar ini dapat menjadi faktor penentu dalam menentukan kimia elemen-elemen.

Tabel 10.2 Perhitungan Energi Kisi

Zat	U (kJ/mol)
NaI	682
CaI <sub>2</sub>	1971
MgI <sub>2</sub>	2293
NaOH	887
Na <sub>2</sub> O	2481
NaNO <sub>3</sub>	755
Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	10,602
CaCO <sub>3</sub>	2804

## 10.7 Sifat Fisik Senyawa Ionik

### 1. Titik Leleh dan Titik Didih Tinggi:

Salah satu contoh garam, natrium klorida memiliki titik leleh dan titik didih yang tinggi. Ini disebabkan oleh adanya gaya tarik elektrostatik yang kuat antara ion positif dan negatif, yang

memerlukan banyak energi panas untuk mengatasinya. Semua zat ionik memiliki titik leleh dan titik didih yang tinggi. Perbedaan antara zat ionik akan bergantung pada hal-hal seperti:

- **Jumlah Muatan pada Ion:**

Magnesium oksida memiliki struktur yang persis sama dengan natrium klorida, tetapi titik leleh dan titik didihnya jauh lebih tinggi. Ion  $2+$  dan  $2-$  saling menarik lebih kuat daripada  $1+$  menarik  $1-$ .

- **Ukuran Ion:**

Jika ion lebih kecil, mereka lebih dekat satu sama lain sehingga gaya tarik elektrostatisnya lebih besar. Rubidium iodida, misalnya, meleleh dan mendidih pada suhu yang sedikit lebih rendah daripada natrium klorida, karena ion rubidium dan iodida lebih besar daripada ion natrium dan klorida. Gaya tariknya lebih kecil antara ion yang lebih besar, sehingga diperlukan energi panas yang lebih sedikit untuk memisahkannya.

## **2. Kerapuhan Kristal Natrium Klorida:**

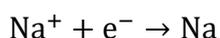
Kristal natrium klorida rapuh, sifat ini khas pada zat ionik. Bayangkan apa yang terjadi pada kristal jika diberikan tekanan yang menggeser lapisan ion sedikit.

## **3. Sifat Kelistrikan Natrium Klorida:**

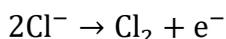
Natrium klorida padat tidak menghantarkan listrik, karena tidak ada elektron yang bebas bergerak. Namun, ketika meleleh, pada suhu yang sangat tinggi, ion natrium dan klorida dapat bergerak bebas ketika tegangan diterapkan pada cairan tersebut. Ion natrium positif

bergerak menuju elektroda bermuatan negatif (katoda). Ketika mereka sampai di sana, setiap ion natrium mengambil elektron dari elektroda untuk membentuk atom natrium. Atom-atom ini menggapung ke permukaan lelehan sebagai logam natrium cair. (Dan jika Anda melakukannya dalam kondisi terbuka di udara, ini akan segera terbakar dan menghasilkan nyala api berwarna oranye.)

Sumber daya (baterai atau sejenisnya) memindahkan elektron di sepanjang kawat dalam sirkuit eksternal sehingga jumlah elektron tetap sama. Aliran elektron ini terlihat sebagai arus listrik (sirkuit eksternal adalah seluruh sirkuit selain natrium klorida cair). Dengan demikian, dalam proses yang disebut elektrolisis, natrium dan klorin dihasilkan. Ini adalah perubahan kimia, bukan proses fisik.



Sementara itu, ion klorida tertarik ke elektroda positif (anoda). Ketika mereka sampai di sana, setiap ion klorida kehilangan elektron ke anoda untuk membentuk atom klorin. Atom-atom ini kemudian berpasangan membentuk molekul klorin. Gas klorin dihasilkan.



Elektron-elektron baru yang diendapkan pada anoda dipompa melalui sirkuit eksternal oleh sumber daya, akhirnya berakhir di katoda di mana mereka akan ditransfer ke ion natrium. Natrium klorida cair menghantarkan listrik karena adanya pergerakan ion dalam lelehan, dan pelepasan ion di elektroda. Kedua hal ini harus terjadi agar elektron dapat mengalir dalam sirkuit eksternal. Dalam

natrium klorida padat, tentu saja, pergerakan ion ini tidak dapat terjadi dan itu menghentikan kemungkinan aliran arus dalam sirkuit.

## 10.8 Contoh dan Aplikasi Senyawa Ionik

### 1. Contoh Senyawa Ionik:

- **Natrium Klorida (NaCl):** Digunakan secara luas sebagai garam dapur dan bahan baku dalam industri kimia untuk produksi klorin dan natrium hidroksida.
- **Kalsium Karbonat (CaCO<sub>3</sub>):** Digunakan dalam pembuatan semen, kapur, dan sebagai suplemen kalsium dalam industri farmasi.
- **Magnesium Oksida (MgO):** Sering digunakan dalam bahan tahan api dan sebagai antasida dalam pengobatan.

### 2. Studi Kasus: Penggunaan Natrium Klorida dalam Industri

Natrium klorida adalah salah satu senyawa ionik yang paling penting dan digunakan secara luas dalam kehidupan sehari-hari serta industri. Selain sebagai garam dapur, NaCl digunakan dalam proses elektrolisis untuk menghasilkan klorin (Cl<sub>2</sub>) dan natrium hidroksida (NaOH), yang keduanya merupakan bahan kimia penting dalam industri. Klorin digunakan dalam produksi PVC (polyvinyl chloride) dan pemurnian air, sedangkan NaOH digunakan dalam pembuatan sabun dan deterjen.

## 10.9 Integrasi Nilai Al-Quran pada Materi Ikatan Ionik

Konsep ikatan ionik, yang melibatkan keseimbangan antara memberi dan menerima, dapat dikaitkan dengan ajaran Islam tentang

keadilan dan keseimbangan dalam hidup. Dalam Al-Quran, Allah menyebutkan pentingnya keseimbangan dalam segala aspek kehidupan:

"Dan langit telah Dia tinggikan dan Dia ciptakan keseimbangan. Supaya kamu jangan melampaui batas tentang keseimbangan itu."  
(QS. Ar-Rahman: 7-8)

Ayat ini mengajarkan tentang pentingnya menjaga keseimbangan dalam kehidupan, seperti halnya dalam ikatan ionik, di mana atom-atom mencapai stabilitas dengan cara berbagi elektron secara adil. Keseimbangan ini adalah bagian dari tanda-tanda kebesaran Allah, yang dapat kita renungkan melalui pemahaman kita tentang ilmu kimia dan fenomena alam.

### **10.10 Latihan**

Kerjakan latihan berikut ini sebagai Tugas Kegiatan Tersetruktur:

1. Jelaskan bagaimana proses pembentukan ikatan ionik antara magnesium (Mg) dan oksigen (O) menghasilkan magnesium oksida (MgO). Gambarkan juga struktur kristal MgO.
2. Bandingkan kekuatan ikatan ionik dalam senyawa MgO dengan NaCl dan jelaskan alasan perbedaan kekuatannya.
3. Mengapa senyawa ionik umumnya memiliki titik leleh dan titik didih yang tinggi? Jelaskan kaitannya dengan struktur dan gaya elektrostatik dalam kristal ionik.

4. Berikan analisis mendalam mengenai peran pelarut polar dalam melarutkan senyawa ionik. Gunakan contoh natrium klorida dan air untuk mendukung jawaban Anda.
5. Jelaskan bagaimana senyawa ionik dapat menjadi elektrolit yang baik dalam larutan, tetapi tidak dalam bentuk padat. Apa yang terjadi pada struktur ionik ketika dilarutkan dalam air?
6. Pilih satu contoh senyawa ionik dan jelaskan aplikasi pentingnya dalam industri atau kehidupan sehari-hari. Diskusikan bagaimana sifat fisik senyawa tersebut mempengaruhi aplikasinya.
7. Diskusikan pentingnya ikatan ionik dalam tubuh manusia, misalnya dalam proses fisiologis seperti regulasi cairan tubuh dan fungsi saraf.

# PERTEMUAN 11

## IKATAN LOGAM

### 11.1 Pendahuluan Ikatan Logam

Ikatan logam adalah jenis ikatan kimia yang terjadi antara atom-atom logam, di mana elektron-elektron valensi tidak terikat pada atom tertentu, tetapi terdelokalisasi di seluruh struktur logam. Elektron-elektron ini membentuk "lautan elektron" yang dapat bergerak bebas di antara ion-ion logam yang bermuatan positif. Model ini menjelaskan mengapa logam memiliki sifat-sifat fisik yang unik, seperti konduktivitas listrik dan termal yang tinggi, kilau logam, serta kemampuan untuk ditempa dan diregangkan tanpa mudah patah.

### 11.2 Struktur Kristal Logam

Logam-logam mengkristal dalam beberapa jenis struktur kristal utama, di antaranya:

1. **Struktur Kubus Berpusat Tubuh (BCC):** Dalam struktur BCC, atom-atom logam berada di setiap sudut kubus dan satu atom di pusat kubus. Contoh logam yang memiliki struktur ini adalah besi pada suhu kamar, kromium, dan tungsten. Struktur ini menghasilkan logam yang keras dan memiliki titik leleh yang tinggi karena interaksi kuat antara atom-atom logam yang saling berdekatan.
2. **Struktur Kubus Berpusat Muka (FCC):** Struktur FCC memiliki atom-atom di setiap sudut kubus serta di tengah setiap muka

kubus. Logam seperti aluminium, tembaga, emas, dan perak memiliki struktur ini. Struktur FCC memungkinkan atom-atom logam untuk bergerak lebih mudah satu sama lain, membuat logam FCC lebih mudah ditempa dan memiliki titik leleh yang lebih rendah dibandingkan dengan BCC.

- 3. Struktur Heksagonal Terpadat (HCP):** Dalam struktur HCP, atom-atom tersusun dalam lapisan heksagonal terpadat dengan dua lapisan atom dalam sel satuan. Magnesium, titanium, dan seng adalah contoh logam dengan struktur ini. Struktur HCP menghasilkan logam yang keras dengan sifat mekanik yang khas.

### 11.3 Sifat-Sifat Fisik Logam

Sifat fisik logam sangat dipengaruhi oleh struktur ikatan logam dan susunan kristal atom-atom logam tersebut. Beberapa sifat fisik utama logam adalah:

- 1. Konduktivitas Listrik dan Termal:** Elektron-elektron dalam logam terdelokalisasi, memungkinkan mereka bergerak bebas dan membawa energi sebagai arus listrik atau panas. Inilah mengapa logam seperti tembaga dan aluminium sangat baik dalam menghantarkan listrik dan panas.
- 2. Kilau Logam:** Elektron-elektron bebas di permukaan logam mampu menyerap dan memantulkan cahaya, menghasilkan kilau khas logam.
- 3. Daya Tahan dan Kekuatan:** Struktur kristal logam yang memungkinkan atom-atom tergelincir satu sama lain memberikan

sifat plastisitas yang tinggi pada logam, sehingga logam dapat ditempa dan diregangkan tanpa patah.

4. **Titik Leleh dan Titik Didih yang Tinggi:** Logam memiliki ikatan yang kuat antar atom-atomnya, yang berarti diperlukan energi yang besar untuk memutuskan ikatan-ikatan tersebut, sehingga logam umumnya memiliki titik leleh dan titik didih yang tinggi.
5. **Kepadatan Tinggi:** Logam biasanya memiliki kepadatan yang tinggi karena atom-atomnya tersusun rapat dalam struktur kristal yang padat.

### 11.3 Teori Ikatan Logam dan Teori Orbital Molekul

Terdapat dua teori umum untuk memahami bagaimana ikatan logam dapat terbentuk. Kedua teori tersebut, yaitu:

1. **Model Lautan Elektron:** Model ini menjelaskan bahwa elektron valensi dalam logam terdelokalisasi di seluruh kristal, membentuk "lautan elektron" yang bebas bergerak. Elektron-elektron ini menahan ion logam positif bersama-sama melalui gaya tarik elektrostatik.
2. **Teori Orbital Molekul:** Dalam teori ini, ketika atom-atom logam mendekat, orbital atom (seperti s, p, dan d) dari setiap atom saling tumpang tindih dan bergabung untuk membentuk orbital molekul yang meluas ke seluruh kristal. Kombinasi ini menghasilkan pembentukan pita energi yang luas, yang terdiri dari pita valensi dan pita konduksi. Elektron-elektron dalam logam dapat bergerak bebas melalui pita-pita ini, memungkinkan konduktivitas listrik yang tinggi.

**Pita Valensi dan Pita Konduksi:** Dalam logam, terdapat tumpang tindih yang signifikan antara pita valensi (tempat elektron berada) dan pita konduksi (tempat elektron dapat berpindah). Elektron dari pita valensi dapat melewati tingkat Fermi (tingkat energi tertinggi yang dihuni pada suhu nol absolut) ke pita konduksi, yang memungkinkan terjadinya konduksi listrik.

#### 11.4 Konduktor, Semikonduktor, dan Isolator

Perbedaan antara konduktor, semikonduktor, dan isolator dapat dijelaskan melalui konsep pita energi:

1. **Konduktor:** Dalam logam, tumpang tindih antara pita valensi dan pita konduksi memungkinkan elektron bergerak bebas, menjadikan logam sebagai konduktor yang baik. Elektron dari pita valensi dapat dengan mudah melompati tingkat Fermi ke pita konduksi, yang memungkinkan aliran arus listrik.
2. **Semikonduktor:** Pada semikonduktor, terdapat celah energi kecil antara pita valensi dan pita konduksi. Pada suhu rendah, semikonduktor berperilaku seperti isolator, namun pada suhu yang lebih tinggi, elektron dapat memperoleh cukup energi untuk melompati celah tersebut, memungkinkan semikonduktor menghantarkan listrik.
3. **Isolator:** Pada isolator, celah energi antara pita valensi dan pita konduksi sangat besar, sehingga sangat sulit bagi elektron untuk melompati celah tersebut. Akibatnya, isolator tidak dapat menghantarkan listrik.

## 11.5 Integrasi Nilai Al-Quran pada Materi Ikatan Logam

Ikatan logam menggambarkan bagaimana partikel-partikel seperti elektron dan ion logam bekerja sama untuk menciptakan struktur yang kuat dan stabil. Ini sejalan dengan konsep dalam Islam yang menekankan pentingnya kerja sama, persatuan, dan saling mendukung dalam kehidupan. Allah SWT dalam Al-Quran menyebutkan pentingnya persatuan dalam QS. Al-Imran: 103, yang berbunyi:

*"Dan berpeganglah kamu semuanya kepada tali (agama) Allah, dan janganlah kamu bercerai-berai, dan ingatlah akan nikmat Allah kepadamu ketika kamu dahulu (masa jahiliyah) bermusuh-musuhan, maka Allah mempersatukan hatimu, lalu menjadilah kamu karena nikmat Allah orang-orang yang bersaudara; dan kamu telah berada di tepi jurang neraka, lalu Allah menyelamatkan kamu daripadanya. Demikianlah Allah menerangkan ayat-ayat-Nya kepadamu, agar kamu mendapat petunjuk."* (QS. Al-Imran: 103)

Ayat ini mengajarkan bahwa persatuan dan saling mendukung adalah kunci dalam mencapai kekuatan dan ketahanan dalam kehidupan, sebagaimana ikatan logam menghasilkan struktur yang kokoh dan stabil.

## 11.6 Latihan

Kerjakan latihan berikut ini sebagai Tugas Kegiatan Tersetruktur:

1. Jelaskan bagaimana teori orbital molekul menjelaskan sifat-sifat fisik logam.
2. Bandingkan konduktivitas listrik antara logam dengan struktur kristal BCC, FCC, dan HCP.

3. Mengapa logam dengan pita energi yang lebar lebih konduktif dibandingkan dengan logam yang memiliki pita energi sempit?
4. Bagaimana kombinasi bilangan gelombang dalam logam mempengaruhi pembentukan pita energi?
5. Sebutkan dan jelaskan sifat-sifat fisik yang unik pada logam akibat adanya lautan elektron.
6. Diskusikan bagaimana teori orbital molekul dan model lautan elektron dapat saling melengkapi dalam menjelaskan ikatan logam.
7. Mengapa logam yang memiliki lebih banyak elektron valensi cenderung lebih keras dan memiliki titik leleh yang lebih tinggi?
8. Jelaskan hubungan antara kerapatan logam dan struktur kristalnya.
9. Bagaimana konsep ikatan logam dapat dihubungkan dengan pentingnya persatuan dalam masyarakat menurut ajaran Islam?
10. Diskusikan bagaimana teori pita energi dalam logam dapat membantu menjelaskan perbedaan antara konduktor, semikonduktor, dan isolator.

## PERTEMUAN 12

### IKATAN ANTARMOLEKUL

#### 12.1 Pendahuluan

Ikatan antarmolekul merupakan gaya tarik-menarik yang terjadi antara molekul-molekul, berbeda dengan ikatan intramolekul yang terjadi di dalam molekul itu sendiri. Ikatan antarmolekul berperan penting dalam menentukan sifat fisik suatu zat, seperti titik leleh, titik didih, viskositas, dan kelarutan. Meskipun lebih lemah dibandingkan ikatan kovalen atau ionik, ikatan antarmolekul sangat berpengaruh dalam berbagai fenomena kimia, terutama dalam keadaan cair dan padat. Dalam bagian ini, kita akan membahas tiga jenis utama gaya antarmolekul: gaya van der Waals, yang mencakup gaya London dan gaya dipol-dipol, serta ikatan hidrogen. Masing-masing gaya ini memiliki karakteristik dan dampaknya sendiri terhadap sifat fisik molekul dan zat yang menyusunnya.

#### 12.2 Gaya van der Waals

Gaya van der Waals adalah istilah umum yang mencakup beberapa jenis interaksi lemah antara molekul-molekul. Interaksi ini termasuk gaya London (gaya dispersi) dan gaya dipol-dipol. Gaya van der Waals biasanya terjadi pada semua jenis molekul, baik yang polar maupun nonpolar, dan meskipun relatif lemah, mereka memiliki pengaruh signifikan pada sifat fisik zat, terutama pada molekul-molekul kecil atau gas mulia.

## 1. Gaya London (Gaya Dispersi)

Gaya London adalah gaya tarik-menarik yang muncul akibat fluktuasi sesaat dalam distribusi elektron di dalam atom atau molekul. Fluktuasi ini menghasilkan dipol sesaat yang dapat menginduksi dipol pada molekul atau atom tetangga, sehingga terjadi gaya tarik-menarik antar molekul tersebut. Gaya London terdapat di semua molekul, baik yang polar maupun nonpolar, dan merupakan satu-satunya gaya tarik-menarik yang ada dalam molekul nonpolar.

Kekuatan gaya London meningkat dengan bertambahnya ukuran dan massa molekul, serta dipengaruhi oleh bentuk molekul. Molekul yang panjang dan tipis biasanya memiliki gaya London yang lebih kuat dibandingkan molekul yang lebih bulat dan kompak. Ini dapat diamati pada deret alkana, di mana titik didih meningkat seiring bertambahnya panjang rantai karbon.

## 2. Gaya Dipol-Dipol

Gaya dipol-dipol terjadi antara molekul-molekul polar, yang memiliki dipol permanen karena distribusi muatan yang tidak merata. Gaya ini lebih kuat dibandingkan gaya London karena dipol permanen menghasilkan gaya tarik-menarik yang lebih signifikan. Molekul-molekul seperti HCl, SO<sub>2</sub>, dan CH<sub>3</sub>Cl menunjukkan adanya gaya dipol-dipol yang kuat, yang mempengaruhi sifat fisiknya seperti titik didih yang lebih tinggi dibandingkan dengan molekul nonpolar dengan massa molekul yang serupa. Gaya dipol-dipol juga berperan dalam kelarutan molekul polar dalam pelarut polar, seperti air.

### 3. Gaya Dipol Terinduksi

Gaya antar molekul ini terjadi ketika molekul polar menyebabkan distorsi dalam distribusi elektron dari molekul nonpolar yang berdekatan, menciptakan dipol sementara. Fenomena ini terjadi ketika gas-gas seperti oksigen atau nitrogen larut dalam air atau pelarut polar lainnya. Ketika gas oksigen ( $O_2$ ) atau nitrogen ( $N_2$ ) larut dalam air, molekul-molekul air yang bersifat polar menyebabkan distorsi dalam distribusi elektron dari molekul oksigen atau nitrogen. Ini menghasilkan dipol sementara dalam molekul gas, yang memungkinkan molekul gas ini untuk berinteraksi dengan molekul air melalui gaya dipol terinduksi. Fenomena ini berperan penting dalam proses seperti solubilitas gas dalam cairan, dimana gas nonpolar dapat larut dalam pelarut polar meskipun pada kadar yang rendah.

#### 12.1 Ikatan Hidrogen

Ikatan hidrogen adalah bentuk khusus dari gaya dipol-dipol yang terjadi ketika atom hidrogen yang terikat pada atom yang sangat elektronegatif, seperti fluor (F), oksigen (O), atau nitrogen (N), berinteraksi dengan pasangan elektron bebas pada atom elektronegatif lain dari molekul yang berbeda. Ikatan hidrogen jauh lebih kuat daripada gaya van der Waals lainnya, meskipun masih lebih lemah dibandingkan ikatan kovalen atau ionik. Ikatan hidrogen sering terjadi pada molekul yang mengandung gugus  $-OH$ ,  $-NH$ , atau  $-FH$ , seperti dalam air ( $H_2O$ ), amonia ( $NH_3$ ), dan hidrogen fluorida ( $HF$ ). Keberadaan ikatan hidrogen dalam air adalah alasan mengapa air

memiliki titik didih yang jauh lebih tinggi daripada senyawa serupa seperti  $\text{H}_2\text{S}$ , dan juga mengapa air memiliki sifat unik seperti kepadatan maksimum pada suhu  $4^\circ\text{C}$ .

Ikatan hidrogen juga berperan dalam struktur dan fungsi biologis, seperti dalam DNA, di mana ikatan hidrogen antara pasangan basa (adenin dengan timin dan guanin dengan sitosin) membantu menstabilkan struktur heliks ganda.

## **12.2 Pengaruh Ikatan Antarmolekul terhadap Sifat Fisik Zat**

Ikatan antarmolekul memainkan peran penting dalam menentukan sifat fisik zat. Berikut ini adalah beberapa sifat fisik yang dipengaruhi oleh jenis dan kekuatan ikatan antarmolekul:

### **1. Titik Leleh dan Titik Didih**

Titik leleh dan titik didih suatu zat sangat dipengaruhi oleh kekuatan ikatan antarmolekul. Molekul dengan ikatan antarmolekul yang kuat, seperti ikatan hidrogen, cenderung memiliki titik leleh dan titik didih yang lebih tinggi. Sebagai contoh, air ( $\text{H}_2\text{O}$ ) memiliki titik didih  $100^\circ\text{C}$ , yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan hidrogen sulfida ( $\text{H}_2\text{S}$ ) yang memiliki struktur molekul serupa tetapi tidak membentuk ikatan hidrogen. Perbandingan antara alkan, alkohol, dan asam karboksilat menunjukkan bahwa semakin banyak gugus yang dapat membentuk ikatan hidrogen, semakin tinggi titik leleh dan titik didihnya.

### **2. Viskositas**

Viskositas adalah ukuran ketahanan suatu cairan terhadap aliran. Zat dengan banyak ikatan hidrogen, seperti gliserol, memiliki

viskositas yang tinggi karena molekul-molekulnya sulit untuk bergerak bebas satu sama lain. Gliserol memiliki viskositas yang jauh lebih tinggi daripada etanol, meskipun keduanya dapat membentuk ikatan hidrogen, karena gliserol memiliki lebih banyak situs untuk membentuk ikatan hidrogen. Hal ini membuat molekul-molekulnya lebih 'melekat' satu sama lain, yang menyebabkan peningkatan viskositas.

### **3. Kelarutan**

Kelarutan suatu zat dalam pelarut tertentu sangat dipengaruhi oleh jenis ikatan antarmolekul. Prinsip "like dissolves like" menyatakan bahwa zat polar lebih mudah larut dalam pelarut polar karena mereka dapat membentuk interaksi dipol-dipol atau ikatan hidrogen dengan molekul pelarut. Sebaliknya, zat nonpolar lebih larut dalam pelarut nonpolar karena interaksi gaya London. Contohnya adalah gula yang mudah larut dalam air karena mampu membentuk ikatan hidrogen dengan air, sedangkan minyak tidak larut dalam air karena sifat nonpolar dari molekul-molekul minyak.

#### **12.3 Integrasi Nilai Al-Quran pada Materi Ikatan Antarmolekul**

Konsep ikatan antarmolekul, yang melibatkan tarik-menarik antara molekul-molekul berbeda, dapat dihubungkan dengan ajaran Islam tentang pentingnya hubungan dan persatuan dalam kehidupan. Dalam Al-Quran, Allah berfirman tentang pentingnya kebersamaan dan persatuan dalam mencapai kestabilan dan keseimbangan dalam kehidupan. Misalnya, dalam Surat Al-Hujurat ayat 13, Allah berfirman:

*“Hai manusia, sesungguhnya Kami menciptakan kamu dari seorang laki-laki dan seorang perempuan dan menjadikan kamu berbangsa-bangsa dan bersuku-suku supaya kamu saling mengenal. Sesungguhnya orang yang paling mulia di antara kamu di sisi Allah ialah orang yang paling bertakwa di antara kamu. Sesungguhnya Allah Maha Mengetahui lagi Maha Mengenal.”*  
(QS. Al-Hujurat: 13)

Ayat ini mengajarkan kita tentang pentingnya menghargai perbedaan dan bekerja sama dalam mencapai tujuan bersama. Hal ini mirip dengan bagaimana molekul-molekul dalam suatu zat saling berinteraksi melalui ikatan antarmolekul untuk mencapai kestabilan dan memengaruhi sifat fisik zat secara keseluruhan. Kestabilan dan kesatuan dalam molekul-molekul menggambarkan harmoni yang bisa kita terapkan dalam kehidupan sosial kita, di mana kerja sama dan pengertian antara individu atau kelompok sangat penting untuk mencapai tujuan bersama.

#### **12.4 Latihan**

Kerjakan latihan berikut ini sebagai Tugas Kegiatan Tersetruktur:

1. Jelaskan perbedaan antara gaya London dan gaya dipol-dipol dalam konteks interaksi antarmolekul.
2. Mengapa ikatan hidrogen jauh lebih kuat dibandingkan dengan gaya London? Berikan contohnya.
3. Berikan contoh senyawa yang memiliki ikatan hidrogen dan jelaskan bagaimana ikatan ini mempengaruhi sifat fisik senyawa tersebut.

4. Bagaimana pengaruh massa molekul terhadap kekuatan gaya London dalam suatu senyawa? Jelaskan dengan menggunakan contoh.
5. Mengapa zat polar lebih larut dalam pelarut polar dibandingkan dengan pelarut nonpolar? Berikan penjelasan berdasarkan jenis ikatan antarmolekul.
6. Sebutkan tiga contoh zat yang memiliki viskositas tinggi karena adanya ikatan hidrogen, dan jelaskan alasannya.
7. Bagaimana ikatan antarmolekul mempengaruhi titik leleh suatu zat? Berikan penjelasan dengan menggunakan contoh nyata.
8. Jelaskan prinsip "like dissolves like" dalam konteks kelarutan zat dengan memberikan contoh nyata dari kehidupan sehari-hari.
9. Mengapa senyawa seperti H<sub>2</sub>O memiliki titik didih yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan H<sub>2</sub>S? Jelaskan berdasarkan jenis ikatan yang terbentuk.
10. Hubungkan konsep ikatan antarmolekul dengan pentingnya kebersamaan dalam ajaran Islam, khususnya dalam membangun masyarakat yang harmonis.

## PERTEMUAN 13

### FASA MATERI AKIBAT IKATAN ANTARMOLEKUL

#### 13.1 Pendahuluan Fasa Materi dan Ikatan Antarmolekul

Fasa materi—padat, cair, dan gas—ditentukan oleh interaksi antara molekul-molekul penyusunnya. Ikatan antarmolekul, yang jauh lebih lemah dibandingkan dengan ikatan intramolekul seperti kovalen dan ionik, memainkan peran penting dalam mengontrol sifat fisik dan transisi fasa materi. Gaya-gaya ini, yang meliputi gaya van der Waals, ikatan hidrogen, dan gaya dipol-dipol, memengaruhi bagaimana molekul-molekul saling berinteraksi, bergerak, dan tersusun dalam berbagai fasa.

#### 13.2 Pengaruh Ikatan Antarmolekul terhadap Fasa Zat

Ikatan antarmolekul adalah kunci dalam menentukan sifat-sifat fisik dari berbagai fasa materi. Kekuatan dan jenis ikatan antarmolekul memengaruhi titik leleh, titik didih, kelarutan, dan kekentalan suatu zat.

##### 1. Fasa Padat:

Dalam fasa padat, molekul-molekul disusun dalam pola yang teratur dan kaku, dengan ikatan antarmolekul yang kuat menjaga posisi mereka. Misalnya, dalam kristal es ( $\text{H}_2\text{O}$  padat), ikatan hidrogen antara molekul-molekul air membentuk struktur kisi yang teratur dan memberikan sifat keras dan rapat pada es. Kekuatan ikatan ini

mempengaruhi titik leleh yang relatif tinggi dari es dibandingkan dengan senyawa lain dengan massa molekul yang sama.

## **2. Fasa Cair:**

Ketika suatu zat berpindah dari fasa padat ke cair (meleleh), sebagian ikatan antarmolekul terputus, namun gaya-gaya ini masih cukup kuat untuk menjaga molekul-molekul saling berdekatan, memungkinkan terjadinya interaksi antar molekul. Dalam air cair, misalnya, ikatan hidrogen masih ada tetapi lebih lemah daripada dalam es, memungkinkan molekul air untuk bergerak lebih bebas, yang memberikan sifat mengalir pada air.

## **3. Fasa Gas:**

Dalam fasa gas, energi kinetik molekul-molekul cukup besar untuk mengatasi hampir semua gaya antarmolekul, menyebabkan molekul-molekul terpisah jauh satu sama lain dan bergerak bebas tanpa keteraturan. Gaya London dan gaya dipol-dipol, meskipun masih ada, sangat lemah dalam fasa ini sehingga molekul-molekul gas dapat bergerak bebas dan mengisi volume yang lebih besar.

### **13.2 Perubahan Fasa dan Ikatan Antarmolekul**

#### **1. Meleleh (*Solid to Liquid*):**

Proses meleleh terjadi ketika padatan menerima cukup energi panas untuk memutuskan sebagian ikatan antarmolekul yang menahan molekul-molekul dalam pola kristal. Contoh klasik adalah melelehnya es menjadi air. Dalam hal ini, ikatan hidrogen yang kuat

dalam es melemah sehingga molekul-molekul H<sub>2</sub>O dapat bergerak lebih bebas, beralih dari susunan kristal yang kaku ke bentuk cair yang lebih dinamis.

**Mekanisme:**

**Penyerapan Energi Panas:** Energi panas yang diterima oleh molekul-molekul H<sub>2</sub>O meningkatkan energi kinetik mereka.

**Pelemahan Ikatan Hidrogen:** Getaran molekul meningkat, cukup untuk mengatasi sebagian ikatan hidrogen.

**Transisi ke Fasa Cair:** Molekul-molekul air mulai bergerak lebih bebas, meninggalkan struktur kristal es yang kaku dan berubah menjadi cairan.

**Keadaan Dinamis Air:** Air menjadi lebih dinamis, dengan molekul-molekulnya yang masih berikatan tetapi lebih bebas bergerak.

## 2. Menguap (*Liquid to Gas*):

Proses menguap adalah transisi dari cairan ke gas yang terjadi ketika molekul-molekul dalam cairan menerima energi yang cukup untuk sepenuhnya mengatasi ikatan antarmolekul yang menahannya dalam bentuk cair. Contohnya adalah air yang menguap menjadi uap air.

**Mekanisme:**

**Penyerapan Energi Panas:** Molekul-molekul air menyerap energi panas, meningkatkan energi kinetik mereka.

**Pelepasan Ikatan Hidrogen:** Ketika energi kinetik cukup tinggi, molekul-molekul air mengatasi ikatan hidrogen yang menahan mereka dalam fasa cair.

**Transisi ke Fasa Gas:** Molekul-molekul air meninggalkan permukaan cairan dan masuk ke fasa gas, di mana mereka bergerak secara bebas dan acak.

### 3. Kondensasi (*Gas to Liquid*):

Kondensasi adalah proses di mana gas berubah menjadi cairan ketika molekul-molekul gas kehilangan energi dan mulai berikatan kembali, membentuk fasa cair. Contohnya adalah uap air yang mengembun menjadi air pada permukaan yang dingin.

#### **Mekanisme:**

**Pelepasan Energi Panas:** Ketika molekul-molekul uap kehilangan energi panas, energi kinetik mereka menurun.

**Pembentukan Ikatan Hidrogen:** Molekul-molekul air mulai membentuk kembali ikatan hidrogen dengan molekul-molekul tetangganya, memungkinkan mereka untuk berdekatan kembali.

**Transisi ke Fasa Cair:** Molekul-molekul air kembali ke fasa cair, membentuk tetesan air pada permukaan dingin.

### 4. Membeku (*Liquid to Solid*):

Pembekuan adalah proses di mana cairan berubah menjadi padat ketika molekul-molekul kehilangan energi kinetik yang cukup sehingga ikatan antarmolekul menjadi lebih dominan, memaksa

molekul-molekul tersebut untuk mengatur diri dalam pola kristal yang kaku.

**Mekanisme:**

**Pelepasan Energi Panas:** Molekul-molekul dalam cairan kehilangan energi panas, yang menyebabkan penurunan energi kinetik.

**Penguatan Ikatan Hidrogen:** Dengan penurunan energi kinetik, ikatan hidrogen menjadi lebih dominan, menarik molekul-molekul air lebih dekat dan mengaturnya dalam susunan kristal.

**Transisi ke Fasa Padat:** Air berubah menjadi es, dengan molekul-molekul H<sub>2</sub>O yang terikat kuat dalam pola kristal.

**5. Sublimasi (*Solid to Gas*):**

Sublimasi adalah transisi langsung dari padatan ke gas tanpa melalui fasa cair. Contohnya adalah es kering (CO<sub>2</sub> padat) yang langsung berubah menjadi gas karbon dioksida.

**Mekanisme:**

**Penyerapan Energi Panas:** Molekul-molekul dalam padatan menyerap energi yang cukup besar untuk langsung mengatasi ikatan antarmolekul yang kuat.

**Transisi Langsung ke Fasa Gas:** Molekul-molekul ini bergerak langsung ke fasa gas, melewati fasa cair.

**6. Deposisi (*Gas to Solid*):**

Deposisi adalah proses kebalikan dari sublimasi, di mana gas berubah langsung menjadi padatan tanpa melalui fasa cair. Contohnya

adalah pembentukan es dari uap air pada permukaan yang sangat dingin.

### **Mekanisme:**

**Pelepasan Energi Panas:** Molekul-molekul gas kehilangan energi kinetik yang cukup besar sehingga mereka dapat langsung membentuk ikatan antarmolekul yang kuat.

**Transisi Langsung ke Fasa Padat:** Molekul-molekul tersebut mengatur diri dalam pola kristal yang kaku, membentuk padatan.

## **13.3 Contoh Aplikasi dalam Kehidupan Sehari-hari**

### **1. Peleburan Es pada Jalan Raya**

Penggunaan garam untuk mencairkan es pada jalan raya saat musim dingin adalah aplikasi praktis dari konsep ikatan antarmolekul. Garam menurunkan titik leleh es, membuatnya meleleh pada suhu lebih rendah.

### **2. Penggunaan Refrigeran**

Bahan pendingin dalam kulkas dan AC bekerja dengan prinsip kondensasi dan penguapan. Saat refrigeran menguap, ia menyerap panas dari lingkungan sekitarnya, mendinginkan area tersebut.

### **3. Dehumidifier**

Alat pengering udara (dehumidifier) bekerja dengan mendinginkan udara hingga titik kondensasi tercapai, mengubah uap air di udara menjadi air cair, yang kemudian dikumpulkan.

### **4. Pengemasan Makanan**

Sublimasi digunakan dalam teknologi pengemasan makanan, seperti pengeringan beku (*freeze-drying*), di mana makanan dibekukan

dan kemudian airnya disublimasikan untuk menghilangkan kelembaban tanpa merusak struktur makanan.

### **13.4 Integrasi Nilai Al-Quran pada Materi Fasa Materi dan Ikatan Antarmolekul**

Fenomena perubahan fasa dan ikatan antarmolekul mengajarkan kita tentang keseimbangan dan ketelitian dalam penciptaan alam semesta, yang semuanya merupakan bagian dari tanda-tanda kebesaran Allah SWT. Dalam QS. Al-Hadid: 4, Allah SWT berfirman:

*"Dia-lah yang menciptakan langit dan bumi dalam enam masa: Kemudian Dia bersemayam di atas 'Arsy. Dia mengetahui apa yang masuk ke dalam bumi dan apa yang keluar daripadanya, dan apa yang turun dari langit dan apa yang naik kepadanya. Dan Dia bersama kamu di mana saja kamu berada. Dan Allah Maha Melihat apa yang kamu kerjakan."* (QS. Al-Hadid: 4)

Ayat ini mengajarkan bahwa Allah SWT menciptakan segala sesuatu dengan ilmu-Nya yang luas dan penuh perhitungan, termasuk bagaimana molekul-molekul berinteraksi dalam berbagai fasa untuk menghasilkan fenomena-fenomena yang kita amati.

### **13.5 Latihan**

Kerjakan latihan berikut ini sebagai Tugas Kegiatan Tersetruktur:

1. Jelaskan bagaimana ikatan antarmolekul mempengaruhi titik leleh dan titik didih suatu zat.
2. Mengapa gaya van der Waals lebih kuat dalam fasa padat daripada dalam fasa gas?

3. Bagaimana ikatan hidrogen mempengaruhi struktur dan sifat air dalam fasa padat dan cair?
4. Diskusikan perbedaan antara sublimasi dan deposisi, berikan contoh masing-masing.
5. Jelaskan bagaimana perubahan energi kinetik molekul-molekul mempengaruhi transisi dari fasa cair ke gas.
6. Mengapa air mendidih pada suhu yang lebih rendah di tempat dengan tekanan atmosfer yang lebih rendah?
7. Sebutkan aplikasi praktis dari prinsip kondensasi dalam kehidupan sehari-hari.
8. Bagaimana peran gaya dipol-dipol dalam menentukan sifat fisik suatu zat?
9. Jelaskan bagaimana ikatan antarmolekul berkontribusi terhadap kelarutan gas dalam air.
10. Diskusikan bagaimana pemahaman tentang ikatan antarmolekul dapat membantu dalam pengembangan teknologi penyimpanan energi.

## PERTEMUAN 14

### FASA MATERI AKIBAT IKATAN KIMIA

#### 14.1 Pengaruh Ikatan Kimia terhadap Fasa dan Sifat Fisik Zat

Ikatan kimia adalah kekuatan fundamental yang mengikat atom atau ion dalam suatu zat, dan jenis ikatan ini sangat mempengaruhi fasa materi (padat, cair, atau gas) serta sifat fisik lainnya seperti titik leleh, titik didih, kekerasan, dan konduktivitas. Tiga jenis utama ikatan kimia—kovalen, ionik, dan logam—menentukan bagaimana molekul atau ion dalam suatu zat disusun dan bagaimana mereka berinteraksi satu sama lain, yang pada akhirnya menentukan sifat-sifat fasa dan perilaku material tersebut dalam kondisi yang berbeda.

#### 14.2 Senyawa Kovalen, Ionik dan Logam terhadap Fasa Materi

1. **Senyawa Kovalen Padat:** Senyawa kovalen padat terdiri dari atom-atom yang dihubungkan oleh ikatan kovalen yang kuat, membentuk jaringan tiga dimensi yang kaku dan stabil. Contoh klasik dari senyawa kovalen padat adalah berlian (karbon padat) dan silikon dioksida ( $\text{SiO}_2$ ). Dalam berlian, setiap atom karbon terikat secara kovalen dengan empat atom karbon lainnya, membentuk struktur tetrahedral yang sangat kuat. Ini menghasilkan sifat-sifat fisik seperti kekerasan yang luar biasa dan titik leleh yang sangat tinggi. Selain itu, karena tidak ada elektron

bebas dalam jaringan kovalen ini, senyawa kovalen padat biasanya merupakan isolator listrik.

- 2. Senyawa Kovalen Cair:** Senyawa kovalen cair adalah senyawa yang ikatan kovalen antar molekulnya tidak membentuk jaringan kaku, memungkinkan molekul-molekul tersebut untuk bergerak lebih bebas. Contoh umum adalah air ( $H_2O$ ), di mana ikatan hidrogen antar molekul masih ada tetapi lebih lemah dibandingkan dengan dalam fasa padat, memungkinkan cairan untuk mengalir. Sifat-sifat cairan seperti kelarutan, kekentalan, dan titik didih sangat dipengaruhi oleh kekuatan ikatan antarmolekul seperti ikatan hidrogen dalam air.
- 3. Senyawa Kovalen Gas:** Senyawa kovalen gas terdiri dari molekul-molekul kecil yang dihubungkan oleh ikatan kovalen, tetapi dalam bentuk gas, gaya antarmolekul sangat lemah sehingga molekul-molekul ini dapat bergerak bebas. Contohnya termasuk oksigen ( $O_2$ ), nitrogen ( $N_2$ ), dan karbon dioksida ( $CO_2$ ). Fasa gas biasanya memiliki energi kinetik molekul yang tinggi, yang cukup untuk mengatasi gaya tarik-menarik antarmolekul, sehingga zat dalam bentuk ini memiliki sifat seperti ekspansi dan tekanan yang sebanding dengan suhu.
- 4. Senyawa Ionik Padat:** Senyawa ionik padat adalah senyawa yang terdiri dari ion-ion yang diatur dalam kisi kristal yang teratur dan dihubungkan oleh gaya elektrostatik yang kuat. Contoh umum

adalah natrium klorida ( $\text{NaCl}$ ), di mana ion natrium ( $\text{Na}^+$ ) dan klorida ( $\text{Cl}^-$ ) tersusun dalam pola kubus berpusat muka. Struktur ini memberikan senyawa ionik sifat fisik seperti kekerasan tinggi, titik leleh tinggi, dan sifat rapuh. Dalam bentuk padat, senyawa ionik tidak menghantarkan listrik karena ion-ion tidak dapat bergerak bebas.

- 5. Senyawa Ionik Cair:** Ketika senyawa ionik dipanaskan hingga mencapai titik lelehnya, ia berubah menjadi cairan di mana ion-ion menjadi bebas bergerak, memungkinkan senyawa ionik untuk menghantarkan listrik. Misalnya, natrium klorida cair dalam proses elektrolisis dapat menghantarkan listrik karena ion-ionnya bergerak bebas, yang esensial dalam berbagai proses industri.
- 6. Senyawa Ionik Gas:** Senyawa ionik jarang ditemukan dalam bentuk gas karena gaya elektrostatik yang kuat antara ion-ion yang bermuatan berlawanan. Namun, pada suhu yang sangat tinggi, beberapa senyawa ionik dapat mengalami disosiasi dan menjadi gas ionik. Dalam kondisi ekstrem ini, ion-ion bergerak bebas seperti molekul gas lainnya, tetapi sifat ini sangat tidak stabil dan hanya terjadi dalam kondisi tertentu, seperti di dalam plasma atau dalam reaksi kimia pada suhu tinggi.
- 7. Senyawa Logam Padat:** Logam padat biasanya mengkristal dalam struktur rapat seperti kubus berpusat muka (FCC), kubus berpusat tubuh (BCC), atau heksagonal terpadat (HCP). Dalam struktur ini,

elektron-elektron valensi terdelokalisasi di seluruh struktur logam, membentuk "lautan elektron" yang memungkinkan logam memiliki sifat unik seperti konduktivitas listrik dan termal yang tinggi, kilau logam, dan kemampuan untuk ditempa. Contoh logam padat termasuk tembaga (Cu), aluminium (Al), dan besi (Fe).

8. **Senyawa Logam Cair:** Dalam fasa cair, logam masih mempertahankan beberapa sifat dari fasa padatnya, seperti konduktivitas listrik dan termal yang tinggi, karena "lautan elektron" tetap ada meskipun struktur kristalnya rusak. Contoh logam cair adalah merkuri (Hg), yang unik karena berbentuk cair pada suhu kamar. Logam cair lain seperti timah atau timbal biasanya cair pada suhu yang lebih tinggi dan digunakan dalam berbagai aplikasi seperti solder dan pelapis pelindung.
9. **Senyawa Logam Gas:** Logam dalam fasa gas sangat jarang dan hanya dapat terjadi pada suhu yang sangat tinggi, seperti di atmosfer bintang atau dalam kondisi laboratorium yang sangat khusus. Dalam fasa ini, atom-atom logam terdisosiasi sepenuhnya dan bergerak bebas, dengan sifat yang berbeda jauh dari logam dalam bentuk padat atau cair. Contoh logam gas ini bisa ditemukan di dalam proses metalurgi pada suhu sangat tinggi, di mana logam diuapkan untuk deposisi uap atau dalam eksperimen plasma.

### **14.3 Integrasi Nilai Al-Quran pada Materi Fasa Materi Akibat Ikatan Kimia**

Ilmu tentang ikatan kimia yang menentukan fasa dan sifat fisik zat memberikan kita wawasan tentang betapa detail dan teraturnya penciptaan alam semesta ini. Allah SWT berfirman dalam QS. Al-Mulk: 3:

"Yang telah menciptakan tujuh langit berlapis-lapis. Kamu sekali-kali tidak melihat pada ciptaan Tuhan Yang Maha Pemurah sesuatu yang tidak seimbang. Maka lihatlah berulang-ulang, adakah kamu lihat sesuatu yang tidak seimbang?" (QS. Al-Mulk: 3)

Ayat ini mengingatkan kita bahwa segala sesuatu di alam semesta ini, termasuk bagaimana atom-atom berikatan dan membentuk struktur materi, telah diciptakan dengan sempurna dan seimbang. Keseimbangan ini dapat dilihat dalam interaksi antara gaya-gaya kimia yang mengatur struktur dan sifat fisik berbagai zat.

### **14.4 Latihan**

Kerjakan latihan berikut ini sebagai Tugas Kegiatan Tersetruktur:

1. Jelaskan bagaimana jenis ikatan kimia mempengaruhi sifat fisik pada senyawa padat, cair, dan gas.
2. Mengapa senyawa kovalen seperti silikon dioksida ( $\text{SiO}_2$ ) memiliki titik leleh yang sangat tinggi dibandingkan dengan senyawa ionik seperti  $\text{NaCl}$ ?
3. Diskusikan bagaimana perbedaan struktur kristal pada logam mempengaruhi sifat mekanik dan konduktivitasnya.

4. Bagaimana konduktivitas listrik berbeda antara senyawa ionik dalam fasa padat dan cair?
5. Berikan contoh bagaimana senyawa logam digunakan dalam aplikasi teknologi yang membutuhkan sifat konduktivitas yang tinggi.
6. Jelaskan bagaimana struktur kovalen jaringan mempengaruhi sifat-sifat fisik seperti kekerasan dan ketahanan panas.
7. Diskusikan aplikasi praktis dari logam cair dalam industri.
8. Mengapa senyawa ionik jarang ditemukan dalam bentuk gas, dan apa saja syarat-syarat yang diperlukan untuk mencapainya?
9. Bagaimana ikatan kimia dalam semikonduktor mempengaruhi fungsinya dalam perangkat elektronik?
10. Jelaskan bagaimana ikatan kimia dalam logam mempengaruhi kemampuannya untuk ditempa dan diregangkan.

## PERTEMUAN 15

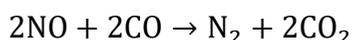
### STUDI KASUS: PERAN IKATAN KIMIA DALAM INDUSTRI

#### 15.1 Contoh Penerapan Ikatan Kimia dalam Industri

Ikatan kimia memainkan peran penting dalam berbagai aplikasi industri. Berikut adalah beberapa studi kasus yang menunjukkan penerapan nyata ikatan kimia dalam berbagai sektor industri:

##### 1. Katalisis dalam Industri Kimia

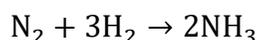
Salah satu contoh penting adalah penggunaan kompleks logam transisi, seperti kompleks platinum, dalam proses katalisis. Dalam industri otomotif, katalis berbasis platinum digunakan untuk mengurangi emisi gas buang pada kendaraan. Katalis ini bekerja dengan memfasilitasi reaksi pengurangan nitrogen oksida (NO<sub>x</sub>) dan oksidasi karbon monoksida (CO) menjadi nitrogen (N<sub>2</sub>) dan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>). Reaksi kimianya adalah:



Katalis ini meningkatkan laju reaksi tanpa ikut bereaksi, berkat ikatan logam yang memungkinkan interaksi efisien antara gas-gas tersebut.

##### 2. Sintesis Ammonia dalam Proses Haber-Bosch

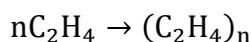
Proses Haber-Bosch adalah metode industri penting untuk sintesis ammonia dari nitrogen dan hidrogen. Proses ini menggunakan katalis berbasis besi untuk mengkatalisasi reaksi berikut:



Katalis besi bekerja dengan cara menyediakan permukaan aktif di mana molekul nitrogen dan hidrogen dapat berikatan dan bereaksi. Proses ini sangat penting dalam produksi pupuk nitrogen yang mendukung pertanian global.

### 3. Pembuatan Plastik Polietilena

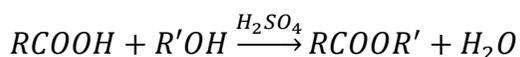
Polietilena, salah satu plastik yang paling banyak digunakan, diproduksi melalui polimerisasi etena. Reaksi ini memanfaatkan katalis logam seperti zirkonium atau titanium yang berfungsi untuk memfasilitasi pembentukan rantai panjang dari monomer etena. Reaksi polimerisasi dapat dituliskan sebagai berikut:



Ikatan kovalen dalam polietilena memberikan kekuatan mekanik yang tinggi dan ketahanan terhadap berbagai bahan kimia, menjadikannya material yang sangat serbaguna untuk aplikasi industri dan konsumen.

### 4. Penggunaan Katalis dalam Reaksi Asam-Basa: Proses Esterifikasi

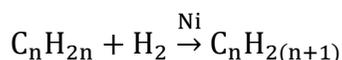
Esterifikasi adalah reaksi antara asam dan alkohol yang menghasilkan ester dan air, menggunakan asam sulfat sebagai katalis. Reaksi ini digunakan dalam industri untuk membuat berbagai ester yang digunakan dalam parfum dan bahan kimia aroma. Contoh reaksinya adalah:



Katalis asam sulfat membantu mempercepat reaksi dengan mengubah keseimbangan reaksi, mempermudah pembentukan produk ester.

## 5. Penggunaan Katalis Berbasis Nikel dalam Hidrogenasi

Hidrogenasi adalah proses di mana hidrogen ditambahkan ke senyawa organik, sering kali menggunakan katalis nikel. Contoh aplikasi termasuk hidrogenasi minyak nabati untuk menghasilkan margarin. Reaksi hidrogenasi dapat dituliskan sebagai berikut:



Katalis nikel menyediakan permukaan di mana hidrogen dapat berikatan dengan molekul minyak, mengubah ikatan ganda menjadi ikatan tunggal, dan memodifikasi sifat fisik produk.

### 15.2 Latihan Soal Studi Kasus

Kerjakan latihan berikut ini sebagai Tugas Kegiatan Tersetruktur:

#### 1. Kasus Katalisis Otomotif

Jelaskan bagaimana kompleks logam transisi, seperti platinum, berfungsi sebagai katalis dalam proses pengurangan emisi gas buang. Sertakan reaksi kimia yang terlibat.

#### 2. Kasus Proses Haber-Bosch

Detailkan bagaimana proses Haber-Bosch menggunakan katalis berbasis besi untuk sintesis ammonia. Sebutkan peran besi dalam reaksi dan efeknya terhadap produksi ammonia.

#### 3. Kasus Polimerisasi Polietilena

Deskripsikan proses pembuatan polietilena melalui polimerisasi etena. Bagaimana katalis logam mempengaruhi proses ini? Sertakan reaksi polimerisasi.

4. **Kasus Esterifikasi**

Bagaimana asam sulfat bertindak sebagai katalis dalam reaksi esterifikasi? Tulis reaksi kimia yang terlibat dan jelaskan bagaimana proses ini digunakan dalam industri.

5. **Kasus Hidrogenasi Minyak**

Jelaskan peran katalis nikel dalam proses hidrogenasi minyak nabati. Bagaimana katalis ini mempengaruhi struktur molekul minyak dan sifat margarin yang dihasilkan?

## **PERTEMUAN 16**

### **UJIAN AKHIR SEMESTER (UAS)**

#### **16.1 Pendahuluan**

Ujian Akhir Semester (UAS) adalah evaluasi komprehensif yang bertujuan untuk mengukur pemahaman mahasiswa terhadap keseluruhan materi yang telah diajarkan selama satu semester. Bagian ini akan memberikan prediksi soal atau kisi-kisi UAS yang mencakup konsep-konsep utama dari materi yang telah dibahas mulai dari teori VSEPR hingga studi kasus penerapan ikatan kimia dalam industri. Dengan memahami kisi-kisi ini, mahasiswa diharapkan dapat mempersiapkan diri secara optimal untuk menghadapi UAS.

#### **16.2 Kisi-kisi Soal UAS**

Kisi-kisi soal UAS ini disusun berdasarkan seluruh pertemuan yang telah dilaksanakan, dengan fokus pada konsep-konsep inti dan aplikasi dari materi yang dibahas. Setiap pertemuan diwakili oleh beberapa soal yang mencakup berbagai tingkat kesulitan.

#### **Pertemuan 9: Teori Domain Elektron dan Bentuk Molekul**

##### **1. Teori VSEPR dan Prediksi Bentuk Molekul**

- Soal mengenai penerapan teori VSEPR dalam menentukan bentuk molekul berdasarkan jumlah domain elektron.

- Contoh soal: "Prediksi bentuk molekul  $\text{SF}_6$  menggunakan teori VSEPR dan jelaskan alasan di balik bentuk tersebut."

## 2. Pengaruh Domain Elektron terhadap Geometri Molekul

- Soal mengenai hubungan antara jumlah domain elektron dan geometri molekul.
- Contoh soal: "Bagaimana jumlah domain elektron mempengaruhi bentuk molekul  $\text{CH}_4$  dan  $\text{NH}_3$ ?"

## Pertemuan 10: Ikatan Ion

### 1. Pembentukan dan Struktur Kristal Ionik

- Soal mengenai proses pembentukan ikatan ionik dan struktur kristal yang dihasilkan.
- Contoh soal: "Jelaskan proses pembentukan ikatan ionik dalam  $\text{NaCl}$  dan gambarkan struktur kristalnya."

### 2. Sifat Fisik Senyawa Ionik

- Soal mengenai sifat-sifat fisik yang khas dari senyawa ionik.
- Contoh soal: "Mengapa senyawa ionik seperti  $\text{NaCl}$  memiliki titik leleh yang tinggi?"

## Pertemuan 11: Ikatan Logam

### 1. Model Lautan Elektron dalam Logam

- Soal mengenai konsep lautan elektron dalam logam dan kaitannya dengan sifat fisik logam.

- Contoh soal: "Jelaskan bagaimana model lautan elektron menjelaskan konduktivitas listrik pada logam."

## **2. Struktur Kristal Logam dan Aloi**

- Soal mengenai struktur kristal logam dan sifat aloi.
- Contoh soal: "Apa perbedaan antara struktur kristal logam dan aloi, serta bagaimana pengaruhnya terhadap sifat mekanik?"

## **Pertemuan 12: Ikatan Antarmolekul**

### **1. Gaya Van der Waals dan Ikatan Hidrogen**

- Soal mengenai berbagai jenis gaya antarmolekul dan perannya dalam sifat fisik zat.
- Contoh soal: "Bandingkan gaya London dan ikatan hidrogen dalam hal kekuatan dan pengaruhnya terhadap titik didih zat."

### **2. Pengaruh Ikatan Antarmolekul terhadap Sifat Fisik Zat**

- Soal mengenai dampak ikatan antarmolekul terhadap sifat fisik seperti kelarutan dan titik didih.
- Contoh soal: "Mengapa air memiliki titik didih yang lebih tinggi dibandingkan dengan metana?"

## **Pertemuan 13: Fasa Materi Akibat Ikatan Antarmolekul**

### **1. Perubahan Fasa dan Ikatan Antarmolekul**

- Soal mengenai pengaruh ikatan antarmolekul terhadap perubahan fasa materi.

- Contoh soal: "Bagaimana ikatan antarmolekul mempengaruhi perubahan dari fase cair ke fase gas pada air?"

## **2. Aplikasi Ikatan Antarmolekul dalam Kehidupan Sehari-hari**

- Soal mengenai penerapan konsep ikatan antarmolekul dalam berbagai fenomena sehari-hari.
- Contoh soal: "Bagaimana ikatan hidrogen dalam air mempengaruhi proses pembekuan dan pencairan es?"

## **Pertemuan 14: Fasa Materi Akibat Ikatan Kimia**

### **1. Pengaruh Ikatan Kimia terhadap Fasa Zat**

- Soal mengenai hubungan antara jenis ikatan kimia dan fasa materi.
- Contoh soal: "Bagaimana ikatan kovalen jaringan mempengaruhi kekerasan dan titik leleh zat seperti intan?"

### **2. Senyawa Kovalen, Ionik dan Logam terhadap Fasa Materi**

- Soal mengenai sifat fasa pada senyawa padat yang disebabkan oleh ikatan kimia.
- Contoh soal: "Bandingkan sifat fisik antara senyawa ionik seperti NaCl dan senyawa kovalen jaringan seperti SiO<sub>2</sub>."

## **Pertemuan 15: Studi Kasus: Peran Ikatan Kimia dalam Industri**

### **1. Penerapan Ikatan Kimia dalam Katalisis**

- Soal mengenai penerapan konsep ikatan kimia dalam proses katalisis industri.
- Contoh soal: "Jelaskan peran ikatan kovalen koordinasi dalam katalisis reaksi organik tertentu."

### **2. Ikatan Kimia dalam Pengembangan Material Baru**

- Soal mengenai penggunaan pengetahuan tentang ikatan kimia dalam pengembangan material baru.
- Contoh soal: "Bagaimana ikatan kimia berperan dalam pembuatan material semikonduktor modern?"

## **16.3 Tips Menghadapi UAS**

- 1. Review Materi Secara Menyeluruh:** Pastikan Anda meninjau semua materi yang telah dipelajari sepanjang semester. Fokus pada pemahaman konsep dan aplikasi dalam berbagai konteks.
- 2. Kerjakan Soal Latihan:** Latih diri Anda dengan mengerjakan soal-soal latihan, terutama yang memiliki tingkat kesulitan tinggi. Ini akan membantu Anda mengenali pola soal yang mungkin muncul dalam UAS.
- 3. Pembelajaran Kolaboratif:** Bergabunglah dalam diskusi kelompok atau forum belajar untuk saling bertukar pemahaman tentang materi yang sulit. Jelaskan konsep kepada teman sekelas untuk memperkuat pemahaman Anda.

4. **Manajemen Waktu Selama Ujian:** Latih diri Anda untuk menyelesaikan soal-soal dalam waktu yang terbatas. Prioritaskan soal-soal yang Anda kuasai lebih dahulu sebelum beralih ke soal yang lebih sulit.
5. **Persiapan Mental dan Fisik:** Pastikan Anda cukup beristirahat sebelum ujian dan tetap tenang saat mengerjakan soal. Percayalah pada kemampuan Anda dan lakukan yang terbaik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Albright, T. A., Burdett, J. K., & Whangbo, M. H. (2013). *Orbital interactions in chemistry* (2nd ed.). Wiley.
- Atkins, P., & de Paula, J. (2014). *Physical chemistry* (10th ed.). Oxford University Press.
- Atkins, P., Overton, T., Rourke, J., Weller, M., & Armstrong, F. (2010). *Shriver and Atkins' inorganic chemistry* (5th ed.). Oxford University Press.
- Brooke, J. H., & Numbers, R. L. (Eds.). (2011). *Science and religion around the world*. Oxford University Press.
- Buckingham, A. D., & Stone, A. J. (2016). The theory of intermolecular forces: Advances and applications. *Molecular Physics*, 114(19), 2734-2753. <https://doi.org/10.1080/00268976.2016.1169199>
- Carter, E. A., & Goddard, W. A. (2015). Hybridization concepts in chemistry: A modern view. *Nature Reviews Chemistry*, 1, 0016. <https://doi.org/10.1038/s41570-017-0016>
- Chandler, D., & Garrahan, J. P. (2017). The role of intermolecular forces in phase transitions. *Nature*, 551, 299-307. <https://doi.org/10.1038/nature24284>
- Chen, Z., & Schleyer, P. v. R. (2018). Valence bond theory: New perspectives and challenges. *Chemical Reviews*, 118(22), 11180-11206. <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.8b00129>
- Clark, J. (2010). Understanding chemical bonding. *Chemical Reviews*, 110(7), 7044-7071. <https://doi.org/10.1021/cr9003168>
- Cotton, F. A., Wilkinson, G., & Gaus, P. L. (1999). *Basic inorganic chemistry* (3rd ed.). Wiley.
- Ertl, G. (2017). Innovations in the Haber-Bosch Process: Catalytic chemistry and sustainability. *Journal of Catalysis*, 350, 361-368. <https://doi.org/10.1016/j.jcat.2016.12.002>

- Ertl, G., Knözinger, H., & Weitkamp, J. (Eds.). (1997). *Handbook of heterogeneous catalysis* (Vol. 1-5). Wiley-VCH.
- Frenking, G., & Shaik, S. (2019). The role of hybridization in chemical bonding: Insights from theoretical studies. *Chemistry - A European Journal*, 25(29), 6957-6967. <https://doi.org/10.1002/chem.201901309>
- Gillespie, R. J., & Hargittai, I. (1991). *The VSEPR model of molecular geometry*. Allyn & Bacon.
- Gillespie, R. J., & Popelier, P. L. A. (2001). *Chemical bonding and molecular geometry: From Lewis to electron densities*. Oxford University Press.
- Gillespie, R. J., & Robinson, E. A. (2017). Recent developments in the VSEPR model. *Chemical Society Reviews*, 46(10), 2800-2814. <https://doi.org/10.1039/C6CS00982A>
- Gomes, M. A., & Pereira, J. V. (2022). Nickel-catalyzed hydrogenation of vegetable oils: A sustainable approach to margarine production. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 61(4), 1204-1212. <https://doi.org/10.1021/acs.iecr.1c03560>
- Hendrickson, J. B., Cram, D. J., & Hammond, G. S. (1970). *Organic chemistry* (3rd ed.). McGraw-Hill.
- Housecroft, C. E., & Sharpe, A. G. (2012). *Inorganic chemistry* (4th ed.). Pearson.
- Huheey, J. E., Keiter, E. A., & Keiter, R. L. (1997). *Inorganic chemistry: Principles of structure and reactivity* (4th ed.). HarperCollins.
- Johnson, E. R., & Otero-de-la-Roza, A. (2019). Non-covalent interactions in molecular crystals: Insights from theoretical methods. *Chemical Reviews*, 119(12), 9417-9441. <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.8b00764>
- Kimura, T., & Tanaka, T. (2021). Advances in Ziegler-Natta catalysis for polyethylene production: Towards sustainable polymers. *Polymer Chemistry*, 12(14), 2175-2190. <https://doi.org/10.1039/D0PY01734E>

- Levine, I. N. (2014). *Quantum chemistry* (7th ed.). Pearson.
- Li, J., Liu, X., & Wang, A. (2019). Industrial catalysis: From fundamental understanding to process development. *Accounts of Chemical Research*, 52(5), 1187-1198. <https://doi.org/10.1021/acs.accounts.9b00127>
- Lin, Z., & Wu, J. (2020). Ionic liquids and deep eutectic solvents for biomass processing: A review. *Chemical Engineering Science*, 214, 115440. <https://doi.org/10.1016/j.ces.2019.115440>
- Liu, Y., & Hoffmann, R. (2019). Revisiting valence bond theory in understanding chemical bonding. *Accounts of Chemical Research*, 52(5), 1469-1478. <https://doi.org/10.1021/acs.accounts.9b00101>
- Liu, Y., & Wang, L. (2019). Molecular orbital theory and its application in computational chemistry. *Journal of Computational Chemistry*, 40(10), 2133-2142. <https://doi.org/10.1002/jcc.25894>
- McMillan, P. F., & Wilson, M. (2018). Phase transitions in molecular materials: Insights from theory and experiment. *Journal of Chemical Physics*, 148(14), 140901. <https://doi.org/10.1063/1.5017138>
- McQuarrie, D. A., & Simon, J. D. (1997). *Physical chemistry: A molecular approach*. University Science Books.
- Miessler, G. L., Fischer, P. J., & Tarr, D. A. (2014). *Inorganic chemistry* (5th ed.). Pearson.
- Mortimer, R. G. (2000). *Physical chemistry* (2nd ed.). Elsevier.
- Pauling, L. (1960). *The nature of the chemical bond* (3rd ed.). Cornell University Press.
- Petrucci, R. H., Herring, F. G., Madura, J. D., & Bissonnette, C. (2017). *General chemistry: Principles and modern applications* (11th ed.). Pearson.
- Robinson, E. A., & Gillespie, R. J. (2015). Extending VSEPR to larger molecules: An exploration of limitations and successes.

*Inorganic Chemistry*, 54(15), 7251-7262.  
<https://doi.org/10.1021/acs.inorgchem.5b00879>

- Shah, Y. T. (2020). Role of catalytic converters in controlling vehicle exhaust emissions. *Catalysis Today*, 355, 534-550.  
<https://doi.org/10.1016/j.cattod.2019.05.019>
- Shaik, S., & Hiberty, P. C. (2007). *A chemist's guide to valence bond theory*. Wiley-Interscience. <https://doi.org/10.1002/9780470125186>
- Sherrill, C. D. (2020). Recent advances in understanding molecular orbital theory. *Chemical Reviews*, 120(8), 3947-3964.  
<https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.9b00694>
- Shriver, D. F., & Atkins, P. W. (2010). *Inorganic chemistry* (5th ed.). Oxford University Press.
- Singh, J., & Song, M. (2018). Formation and stability of ionic bonds in metal-organic frameworks. *Chemical Society Reviews*, 47(11), 3213-3245. <https://doi.org/10.1039/C7CS00786D>
- Somorjai, G. A., & Li, Y. (2018). Impact of nanotechnology on catalysis by heterogeneous catalysts. *Nature Catalysis*, 1, 540-556.  
<https://doi.org/10.1038/s41929-018-0098-6>
- Yang, L., Cao, Z., Liu, W., & Wang, D. (2021). Metallic bonding and mechanical properties of transition metal diborides: Insights from first-principles calculations. *Journal of Alloys and Compounds*, 853, 157139.  
<https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2020.157139>
- Zhang, Y., Li, Y., & Lei, X. (2022). The electronic and mechanical properties of novel 2D metallic structures: A first-principles study. *Journal of Materials Chemistry C*, 10(6), 2411-2418.  
<https://doi.org/10.1039/D1TC04395C>

RENCANA PEMBELAJARAN SEMESTER (RPS)  
MATA KULIAH : IKATAN KIMIA  
PROGRAM STUDI PENDIDIKAN KIMIA  
FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN UIN AR-RANIRY BANDA ACEH

**A IDENTITAS**

1	Prodi	Pendidikan Kimia
2	Kode Mata kuliah	2032PKM030
3	Nama Mata kuliah	Ikatan Kimia
4	Semester/SKS	3 / 2 sks
5	Jenis Mata Kuliah	MK KEAHLIAN BERKARYA (MKB)
6	Koordinator Mata Kuliah	2012039201   Adean Mayasri, M.Sc.
7	Dosen Pengampu	Adean Mayasri, M.Sc.

**B CAPAIAN PEMBELAJARAN LULUSAN (CPL-Prodi)**

- 1 Sikap
  - a (S2) Menjunjung tinggi nilai kemanusiaan dalam menjalankan tugas berdasarkan agama,moral, dan etika;
  - b (S11) Memahami diri secara utuh sebagai pendidik dan bertanggung jawab sepenuhnya terhadap nilai-nilai akademik yaitu kejujuran, kebebasan dan otonomi akademik yang diembannya.
- 2 Pengetahuan
  - a (P5) Memahami konsep teoritis dan aplikasi tentang struktur, dinamika, dan energi bahan kimia, pemisahan, analisis sintesis dan karakteristik (Content Knowledge);
- 3 Keterampilan Umum
  - a (KU3) Mampu mengkaji implikasi pengembangan atau implementasi ilmu pengetahuan dan teknologi yang memperhatikan dan menerapkan nilai humaniora sesuai dengan keahliannya berdasarkan kaidah, tata cara, dan etika ilmiah dalam rangka menghasilkan solusi, gagasan, desain atau kritik seni, menyusun deskripsi saintifik hasil kajiannya dalam bentuk skripsi atau laporan tugas akhir dan mengunggahnya dalam laman perguruan tinggi
  - b (KU9) Mampu memanfaatkan teknologi informasi dan komunikasi untuk pengembangan keilmuan dan kemampuan kerja;
- 4 Keterampilan Khusus
  - a (KK3) Mengidentifikasi permasalahan dan memilih alternatif solusi berdasarkan teori dan temuan penelitian, serta merancang dan mengimplementasikannya dalam penelitian pendidikan kimia secara terbimbing

**C CAPAIAN PEMBELAJARAN MATA KULIAH (CPMK)**

- 1 Menunjukkan sikap bertanggung jawab sepenuhnya terhadap nilai-nilai akademik yaitu kejujuran, kebebasan dan otonomi akademik yang diembannya
- 2 Mampu menjelaskan konsep teoritis ikatan kimia, meliputi jenis-jenis ikatan kimia, teori pembentukan ikatan kimia, gaya antar molekul dan struktur molekul
- 3 Mampu menganalisis konsep ikatan kimia tentang aplikasinya dalam kehidupan sehari-hari
- 4 Mampu mengkaji implikasi pengembangan atau implementasi ikatan kimia dalam ilmu pengetahuan dan teknologi yang memperhatikan dan menerapkan nilai humaniora sesuai dengan keahliannya berdasarkan kaidah, tata cara, dan etika ilmiah dalam rangka menghasilkan solusi, gagasan, dan desain
- 5 Mampu memanfaatkan teknologi informasi baik secara mandiri maupun bekerja sama untuk pembelajaran ikatan kimia
- 6 Mampu mengidentifikasi permasalahan dan memilih alternatif solusi berdasarkan teori dan temuan penelitian, serta merancang dan mengimplementasikannya dalam penelitian Pendidikan kimia secara terbimbing

**D DESKRIPSI MATA KULIAH**

Pada mata kuliah ini mahasiswa belajar tentang prinsip-prinsip ikatan kimia yang kelak akan sangat bermanfaat pada mata kuliah lanjut dengan teori yang lebih kompleks. Mahasiswa belajar tentang pengertian ikatan kimia, penggambaran struktur lewis dan perhitungan muatan formal, teori pembentukan ikatan kovalen, kovalen koordinasi, ionik dan logam, bentuk molekul sederhana, dan gaya antar molekul. Penilaian hasil belajar mahasiswa dalam perkuliahan ini meliputi penguasaan mahasiswa terhadap materi perkuliahan.

**E MATRIKS KEGIATAN PEMBELAJARAN**

NO	Kemampuan akhir yang diharapkan (Sub CPMK)	Bahan Kajian/Materi Perkuliahan	Bentuk Pembelajaran			Metode Pembelajaran	Alokasi Waktu	Pengalaman Belajar Mahasiswa	Penilaian (kriteria, indikator dan bobot)	Referensi
			Luring	Daring	Blanded					
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kontrak Perkuliahan;</li> <li>Mampu menjelaskan, menganalisis dan mengaitkan konsep ikatan kimia, jenis-jenis ikatan kimia dan fasa materi dengan jujur dan bertanggung jawab</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kontrak perkuliahan</li> <li>Review materi Kimia Dasar I dan II</li> <li>Pengantar Ikatan Kimia</li> </ul>	X			<ul style="list-style-type: none"> <li>Bentuk: Kuliah Tutorial</li> <li>Metode: Curah Pendapat, Diskusi</li> <li>Model/pendekatan: <i>Direct Instruction</i></li> </ul>	PTM 2x50' TKT 2x60' TKM 2x60'	PTM: <ul style="list-style-type: none"> <li>Mahasiswa memperoleh penjelasan kontrak kuliah;</li> <li>Mahasiswa memperoleh penjelasan tentang konsep ikatan kimia dan jenis-jenis ikatan kimia;</li> <li>Mahasiswa menganalisis kasus terkait ikatan kimia, jenis-jenis ikatan kimia;</li> <li>Mahasiswa mengaitkan konsep kimia dengan fasa materi;</li> <li>Mahasiswa termotivasi tentang pentingnya karakter Islami melalui tanya-jawab; (interaktif)</li> <li>Mahasiswa termotivasi tentang pentingnya memahami materi pada mata kuliah dasar; (kontekstual)</li> <li>Mahasiswa memperoleh tindak lanjut berkenaan dengan tugas untuk pertemuan berikutnya yaitu mahasiswa dibagi atas empat kelompok</li> </ul> (2x50 menit)  TKT Tugas 1: Mengerjakan soal tentang pengantar ikatan kimia (terdapat pada modul) (2x60 menit)  TKM Tugas 2 : Membaca referensi lain yang berkaitan dengan struktur lewis (2x60 menit)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bentuk penilaian tes tulis/lisan</li> <li>Kriteria dan indikator penilaian adalah ketepatan dan penguasaan</li> <li>Ketepatan menjelaskan pengertian materi yang ditanyakan</li> <li>Mampu menguasai materi yang dipelajari minimal 75%</li> </ul>	Mayasri, A. 2024. Ikatan Kimia Terintegrasi Nilai Al-Quran. Program Studi Pendidikan Kimia FTK UIN Ar-Raniry. Adlim, 2010, Kimia Anorganik. Unsyiah Press. Atkins, P., Overton, T., Rourke, J., Weller, M., & Armstrong, F. (2010). <i>Shriver and Atkins' inorganic chemistry</i> (5th ed.). Oxford University Press.

NO	Kemampuan akhir yang diharapkan (Sub CPMK)	Bahan Kajian/Materi Perkuliahan	Bentuk Pembelajaran			Metode Pembelajaran	Alokasi Waktu	Pengalaman Belajar Mahasiswa	Penilaian (kriteria, indikator dan bobot)	Referensi
			Luring	Daring	Blanded					
2	Mampu menjelaskan konsep struktur lewis, menggambarkan struktur lewis dan menyimpulkan kestabilan struktur lewis berdasarkan perhitungan muatan formal dengan jujur dan bertanggung jawab	<ul style="list-style-type: none"> <li>Konsep Struktur Lewis</li> <li>Aturan Penggambaran</li> <li>Muatan Formal</li> </ul>	X			<ul style="list-style-type: none"> <li>Bentuk: Kuliah Tutorial</li> <li>Metode: Ceramah, Curah Pendapat, Diskusi</li> <li>Model/pendekatan: <i>Pembelajaran Sainifik</i></li> </ul>	PTM 2x50' TKT 2x60' TKM 2x60'	PTM <ul style="list-style-type: none"> <li>Mahasiswa mengamati masalah yang disajikan oleh dosen</li> <li>Mahasiswa menanyakan dan mendata pertanyaan berbagai hal terkait permasalahan yang disajikan (interaktif)</li> <li>Mahasiswa mencari informasi untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan dan menyelesaikan permasalahan dengan jujur</li> <li>Mahasiswa mengasosiasikan jawaban yang diperoleh terhadap permasalahan yang disajikan dengan ayat Al-quran (integratif)</li> <li>Mahasiswa mempresentasikan jawaban yang diperoleh melalui diskusi (kolaboratif)</li> <li>Mahasiswa menyimpulkan hasil diskusi dan mengaitkannya dengan konsep kestabilan struktur lewis</li> </ul> (2x50 menit)  TKT Tugas 3: Mengerjakan soal tentang struktur lewis (pada modul) (2x60 menit)  TKM Tugas 4 : Membaca referensi lain yang berkaitan dengan ikatan kovalen dan kovalen koordinasi (2x60 menit)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bentuk penilaian tes tulis/lisan</li> <li>Kriteria dan indikator penilaian adalah ketepatan dan penguasaan</li> <li>Ketepatan menjelaskan pengertian materi yang ditanyakan</li> <li>Mampu menguasai materi yang dipelajari minimal 75%</li> </ul>	Mayasri, A. 2024. <i>Ikatan Kimia Terintegrasi Nilai Al-Quran</i> . Program Studi Pendidikan Kimia FTK UIN Ar-Raniry. Adlim, 2010, <i>Kimia Anorganik</i> . Unsyiah Press. Atkins, P., Overton, T., Rourke, J., Weller, M., & Armstrong, F. (2010). <i>Shriver and Atkins' inorganic chemistry</i> (5th ed.). Oxford University Press.

NO	Kemampuan akhir yang diharapkan (Sub CPMK)	Bahan Kajian/Materi Perkuliahan	Bentuk Pembelajaran			Metode Pembelajaran	Alokasi Waktu	Pengalaman Belajar Mahasiswa	Penilaian (kriteria, indikator dan bobot)	Referensi
			Luring	Daring	Blanded					
3	Mampu menjelaskan konsep ikatan kovalen, mengidentifikasi senyawa yang memiliki ikatan kovalen, dan menganalisis senyawa yang memiliki ikatan kovalen dalam kehidupan sehari-hari dengan jujur dan bertanggung jawab	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ikatan Kovalen</li> </ul>	X			<ul style="list-style-type: none"> <li>Bentuk: Kuliah Tutorial</li> <li>Metode: Ceramah, Curah Pendapat, Diskusi</li> <li>Model/pendekatan: <i>Discovery Learning</i></li> </ul>	PTM 2x50' TKT 2x60' TKM 2x60'	PTM <ul style="list-style-type: none"> <li>Mahasiswa menerima apersepsi (berupa video) dan motivasi pembelajaran terkait dengan pengabdian dosen tentang karbon (limbah biomassa)</li> <li>Mahasiswa mengamati pengetahuan konseptual yang disajikan dosen melalui video interaktif</li> <li>Mahasiswa mencari informasi dan merumuskan masalah dari permasalahan yang diberikan dosen secara berkelompok</li> <li>Mahasiswa mencari informasi tambahan terkait permasalahan yang telah dirumuskan meliputi solusi dan pemecahan masalah serta mengaitkan dengan penelitian relevan</li> <li>Mahasiswa mengolah informasi yang diperoleh menjadi sumber informasi yang lebih teratur dan detail dengan jujur dan bertanggungjawab (integratif)</li> <li>mengecek kebenaran informasi yang telah disusun dan disesuaikan dengan literatur secara berkelompok dan mendiskusikan informasi tersebut kepada mahasiswa didalam kelas melalui tanya jawab (interaktif, saintifik, kolaboratif)</li> <li>menyimpulkan informasi yang diperoleh dan mengeneralisasikan informasi dalam aplikasi yang berkaitan dan dalam ayat AL-Quran yaitu Q.S.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bentuk penilaian tes tulis/lisan</li> <li>Kriteria dan indikator penilaian adalah ketepatan dan penguasaan</li> <li>Ketepatan menjelaskan pengertian materi yang ditanyakan</li> <li>Mampu menguasai materi yang dipelajari minimal 75%</li> </ul>	Mayasri, A. 2024. Ikatan Kimia Terintegrasi Nilai Al-Quran. Program Studi Pendidikan Kimia FTK UIN Ar-Raniry. Adlim, 2010, Kimia Anorganik. Unsyiah Press. Atkins, P., Overton, T., Rourke, J., Weller, M., & Armstrong, F. (2010). <i>Shriver and Atkins' inorganic chemistry</i> (5th ed.). Oxford University Press.

NO	Kemampuan akhir yang diharapkan (Sub CPMK)	Bahan Kajian/Materi Perkuliahan	Bentuk Pembelajaran			Metode Pembelajaran	Alokasi Waktu	Pengalaman Belajar Mahasiswa	Penilaian (kriteria, indikator dan bobot)	Referensi
			Luring	Daring	Blanded					
							<p>Al-Zatzalah:7-8 (holistik)</p> <p>(2x50 menit)</p> <p>TKT Tugas 5: Mengerjakan latihan soal tentang ikatan kovalen (pada modul) (2x60 menit)</p> <p>TKM Tugas 6 : Membaca referensi lain yang berkaitan dengan ikatan kovalen koordinasi (2x60 menit)</p>			

NO	Kemampuan akhir yang diharapkan (Sub CPMK)	Bahan Kajian/Materi Perkuliahan	Bentuk Pembelajaran			Metode Pembelajaran	Alokasi Waktu	Pengalaman Belajar Mahasiswa	Penilaian (kriteria, indikator dan bobot)	Referensi
			Luring	Daring	Blanded					
4	Mampu menjelaskan konsep ikatan kovalen koordinasi, mengidentifikasi senyawa yang memiliki ikatan kovalen koordinasi, dan menganalisis senyawa yang memiliki ikatan kovalen koordinasi dalam kehidupan sehari-hari dengan jujur dan bertanggung jawab	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ikatan Kovalen Koordinasi</li> </ul>	X			<ul style="list-style-type: none"> <li>Bentuk: Kuliah Tutorial</li> <li>Metode: Ceramah, Curah Pendapat, Diskusi</li> <li>Model/pendekatan: <i>Discovery Learning</i></li> </ul>	PTM 2x50' TKT 2x60' TKM 2x60'	PTM <ul style="list-style-type: none"> <li>Mahasiswa menerima apersepsi (berupa video) dan motivasi pembelajaran terkait dengan senyawa kompleks sebagai contoh ikatan kovalen koordinasi</li> <li>Mahasiswa mengamati pengetahuan konseptual yang disajikan dosen melalui video interaktif</li> <li>Mahasiswa mencari informasi dan merumuskan masalah dari permasalahan yang diberikan dosen secara berkelompok</li> <li>Mahasiswa mencari informasi tambahan terkait permasalahan yang telah dirumuskan meliputi solusi dan pemecahan masalah serta mengaitkan dengan penelitian relevan</li> <li>Mahasiswa mengolah informasi yang diperoleh menjadi sumber informasi yang lebih teratur dan detail dengan jujur dan bertanggungjawab (integratif)</li> <li>mengecek kebenaran informasi yang telah disusun dan disesuaikan dengan literatur secara berkelompok dan mendiskusikan informasi tersebut kepada mahasiswa didalam kelas melalui tanya jawab (interaktif, saintifik, kolaboratif)</li> <li>menyimpulkan informasi yang diperoleh dan mengeneralisasikan informasi dalam aplikasi yang berkaitan dan dalam ayat AL-Quran (holistik)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bentuk penilaian tes tulis/lisan</li> <li>Kriteria dan indikator penilaian adalah ketepatan dan penguasaan</li> <li>Ketepatan menjelaskan pengertian materi yang ditanyakan</li> <li>Mampu menguasai materi yang dipelajari minimal 75%</li> </ul>	Mayasri, A. 2024. Ikatan Kimia Terintegrasi Nilai AL-Quran. Program Studi Pendidikan Kimia FTK UIN Ar-Raniry. Adlim, 2010, Kimia Anorganik. Unsyiah Press. Atkins, P., Overton, T., Rourke, J., Weller, M., & Armstrong, F. (2010). <i>Shriver and Atkins' inorganic chemistry</i> (5th ed.). Oxford University Press.

(2x50 menit)

NO	Kemampuan akhir yang diharapkan (Sub CPMK)	Bahan Kajian/Materi Perkuliahan	Bentuk Pembelajaran			Metode Pembelajaran	Alokasi Waktu	Pengalaman Belajar Mahasiswa	Penilaian (kriteria, indikator dan bobot)	Referensi
			Luring	Daring	Blanded					
							<p>TKT Tugas 7: Mengerjakan latihan soal tentang ikatan kovalen koordinasi (pada modul) (2x60 menit)</p> <p>TKM Tugas 8 : Membaca referensi lain yang berkaitan dengan teori ikatan valensi (2x60 menit)</p>			

NO	Kemampuan akhir yang diharapkan (Sub CPMK)	Bahan Kajian/Materi Perkuliahan	Bentuk Pembelajaran			Metode Pembelajaran	Alokasi Waktu	Pengalaman Belajar Mahasiswa	Penilaian (kriteria, indikator dan bobot)	Referensi
			Luring	Daring	Blanded					
5	Mampu menjelaskan dan menguraikan tentang terjadinya ikatan kovalen berdasarkan teori ikatan valensi dengan jujur dan bertanggung jawab	<ul style="list-style-type: none"> <li>Teori Ikatan Valensi</li> </ul>	X			<ul style="list-style-type: none"> <li>Bentuk: Kuliah Tutorial</li> <li>Metode: Ceramah, Curah Pendapat, Diskusi</li> <li>Model/pendekatan: <i>Pembelajaran Sainifik</i></li> </ul>	PTM 2x50' TKT 2x60' TKM 2x60'	PTM <ul style="list-style-type: none"> <li>Mahasiswa mengamati masalah yang disajikan oleh dosen tentang teori ikatan valensi</li> <li>Mahasiswa menanyakan dan mendata pertanyaan berbagai hal terkait permasalahan yang disajikan (<b>interaktif</b>)</li> <li>Mahasiswa mencari informasi untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan dan menyelesaikan permasalahan dengan jujur</li> <li>Mahasiswa mengasosiasikan jawaban yang diperoleh terhadap permasalahan yang disajikan dengan ayat Al-quran (<b>integratif</b>)</li> <li>Mahasiswa mempresentasikan jawaban yang diperoleh melalui diskusi (<b>kolaboratif</b>)</li> <li>Mahasiswa menyimpulkan hasil diskusi dan mengaitkannya dengan konsep bilangan gelombang</li> </ul> (2x50 menit)  TKT Tugas 9: Mengerjakan soal tentang teori ikatan valensi (pada modul) (2x60 menit)  TKM Tugas 10 : Membaca referensi lain yang berkaitan dengan hibridisasi (2x60 menit)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bentuk penilaian tes tulis/lisan</li> <li>Kriteria dan indikator penilaian adalah ketepatan dan penguasaan</li> <li>Ketepatan menjelaskan pengertian materi yang ditanyakan</li> <li>Mampu menguasai materi yang dipelajari minimal 75%</li> </ul>	Mayasri, A. 2024. Ikatan Kimia Terintegrasi Nilai Al-Quran. Program Studi Pendidikan Kimia FTK UIN Ar-Raniry. Adlim, 2010, Kimia Anorganik. Unsyiah Press. Atkins, P., Overton, T., Rourke, J., Weller, M., & Armstrong, F. (2010). <i>Shriver and Atkins' inorganic chemistry</i> (5th ed.). Oxford University Press.

NO	Kemampuan akhir yang diharapkan (Sub CPMK)	Bahan Kajian/Materi Perkuliahan	Bentuk Pembelajaran			Metode Pembelajaran	Alokasi Waktu	Pengalaman Belajar Mahasiswa	Penilaian (kriteria, indikator dan bobot)	Referensi
			Luring	Daring	Blanded					
6	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ketepatan menjelaskan konsep hibridisasi;</li> <li>Ketepatan menguraikan konsep pembentukan ikatan kovalen berdasarkan teori ikatan valensi dilengkapi konsep hibridisasi;</li> <li>Ketepatan menyelesaikan tugas dengan jujur dan bertanggung jawab</li> <li>Sistematika dan gaya penyelesaian</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hibridisasi</li> </ul>	X			<ul style="list-style-type: none"> <li>Bentuk: Kuliah Tutorial</li> <li>Metode: Ceramah, Curah Pendapat, Diskusi</li> <li>Model/pendekatan: <i>Pembelajaran Sainifik</i></li> </ul>	PTM 2x50' TKT 2x60' TKM 2x60'	PTM <ul style="list-style-type: none"> <li>Mahasiswa mengamati masalah yang disajikan oleh dosen tentang hibridisasi orbital</li> <li>Mahasiswa menanyakan dan mendata pertanyaan berbagai hal terkait permasalahan yang disajikan (<b>interaktif</b>)</li> <li>Mahasiswa mencari informasi untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan dan menyelesaikan permasalahan dengan jujur</li> <li>Mahasiswa mengasosiasikan jawaban yang diperoleh terhadap permasalahan yang disajikan dengan ayat Al-quran (<b>integratif</b>)</li> <li>Mahasiswa mempresentasikan jawaban yang diperoleh melalui diskusi (<b>kolaboratif</b>)</li> <li>Mahasiswa menyimpulkan hasil diskusi dan mengaitkannya dengan konsep teori ikatan valensi</li> </ul> (2x50 menit)  TKT Tugas 11: Mengerjakan soal tentang hibridisasi (pada modul) (2x60 menit)  TKM Tugas 12 : Membaca referensi lain yang berkaitan dengan teori orbital molekul (2x60 menit)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bentuk penilaian tes tulis/lisan</li> <li>Kriteria dan indikator penilaian adalah ketepatan dan penguasaan</li> <li>Ketepatan menjelaskan pengertian materi yang ditanyakan</li> <li>Mampu menguasai materi yang minimal 75%</li> </ul>	Mayasri, A. 2024. Ikatan Kimia Terintegrasi Nilai Al-Quran. Program Studi Pendidikan Kimia FTK UIN Ar-Raniry. Adlim, 2010, Kimia Anorganik. Unsyiah Press. Atkins, P., Overton, T., Rourke, J., Weller, M., & Armstrong, F. (2010). <i>Shriver and Atkins' inorganic chemistry</i> (5th ed.). Oxford University Press.

NO	Kemampuan akhir yang diharapkan (Sub CPMK)	Bahan Kajian/Materi Perkuliahan	Bentuk Pembelajaran			Metode Pembelajaran	Alokasi Waktu	Pengalaman Belajar Mahasiswa	Penilaian (kriteria, indikator dan bobot)	Referensi
			Luring	Daring	Blanded					
7	Mampu menjelaskan dan menguraikan tentang terjadinya ikatan kovalen berdasarkan teori orbital molekul pada molekul diatomik atom sejenis dan berbeda jenis dengan jujur dan bertanggung jawab	<ul style="list-style-type: none"> <li>Teori Orbital Molekul</li> </ul>	X			<ul style="list-style-type: none"> <li>Bentuk: Kuliah Tutorial</li> <li>Metode: Ceramah, Curah Pendapat, Diskusi</li> <li>Model/pendekatan: <i>Pembelajaran Sainifik</i></li> </ul>	PTM 2x50' TKT 2x60' TKM 2x60'	PTM <ul style="list-style-type: none"> <li>Mahasiswa mengamati masalah yang disajikan oleh dosen tentang teori TOM diatomik sejenis;</li> <li>Mahasiswa menanyakan dan mendata pertanyaan berbagai hal terkait permasalahan yang disajikan; (interaktif)</li> <li>Mahasiswa mencari informasi untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan dan menyelesaikan permasalahan dengan jujur;</li> <li>Mahasiswa mengasosiasikan jawaban yang diperoleh terhadap permasalahan yang disajikan dengan ayat Al-quran; (integratif)</li> <li>Mahasiswa mempresentasikan jawaban yang diperoleh melalui diskusi; (kolaboratif)</li> <li>Mahasiswa menyimpulkan hasil diskusi dan mengaitkannya dengan konsep teori ikatan valensi</li> </ul> (2x50 menit)  TKT Tugas 13: Mengerjakan soal tentang teori orbital molekul (pada modul) (2x60 menit)  TKM Tugas 14 : Membaca referensi lain yang berkaitan dengan materi ajar keseluruhan (2x60 menit)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bentuk penilaian tes tulis/lisan</li> <li>Kriteria dan indikator penilaian adalah ketepatan dan penguasaan</li> <li>Ketepatan menjelaskan pengertian materi yang ditanyakan</li> <li>Mampu menguasai materi yang dipelajari minimal 75%</li> </ul>	Mayasri, A. 2024. <i>Ikatan Kimia Terintegrasi Nilai Al-Quran</i> . Program Studi Pendidikan Kimia FTK UIN Ar-Raniry. Adlim, 2010, <i>Kimia Anorganik</i> . Unsyiah Press. Atkins, P., Overton, T., Rourke, J., Weller, M., & Armstrong, F. (2010). <i>Shriver and Atkins' inorganic chemistry</i> (5th ed.). Oxford University Press.

NO	Kemampuan akhir yang diharapkan (Sub CPMK)	Bahan Kajian/Materi Perkuliahan	Bentuk Pembelajaran			Metode Pembelajaran	Alokasi Waktu	Pengalaman Belajar Mahasiswa	Penilaian (kriteria, indikator dan bobot)	Referensi
			Luring	Daring	Blanded					
8	Mampu menjelaskan, menganalisis, menggambarkan, menguraikan tentang ikatan kimia, jenis-jenis ikatan kimia, struktur lewis dan muatan formal, pembentukan ikatan kovalen dan kovalen koordinasi berdasarkan teori ikatan valensi, hibridisasi dan teori orbital molekul dengan jujur disiplin dan bertanggung jawab	Materi dari pertemuan 1-7	X			Ujian tengah semester (UTS)	PTM 2 x 50'	Mahasiswa menjawab soal-soal yang diujikan dengan benar	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bentuk penilaian tes tulis/lisan</li> <li>Kriteria dan indikator penilaian adalah ketepatan dan penguasaan</li> <li>Ketepatan menjelaskan pengertian materi yang ditanyakan</li> <li>Mampu menguasai materi yang dipelajari minimal 75%</li> </ul>	Mayasri, A. 2024. Ikatan Kimia Terintegrasi Nilai Al-Quran. Program Studi Pendidikan Kimia FTK UIN Ar-Raniry. Adlim, 2010, Kimia Anorganik. Unsyiah Press. Atkins, P., Overton, T., Rourke, J., Weller, M., & Armstrong, F. (2010). <i>Shriver and Atkins' inorganic chemistry</i> (5th ed.). Oxford University Press.

NO	Kemampuan akhir yang diharapkan (Sub CPMK)	Bahan Kajian/Materi Perkuliahan	Bentuk Pembelajaran			Metode Pembelajaran	Alokasi Waktu	Pengalaman Belajar Mahasiswa	Penilaian (kriteria, indikator dan bobot)	Referensi
			Luring	Daring	Blanded					
9	Mampu menjelaskan, menentukan, dan memperdiksikan bentuk molekul sederhana berdasarkan konsep domain elektron dan VSEPR dengan jujur dan bertanggung jawab	<ul style="list-style-type: none"> <li>Teori Domain Elektron</li> <li>VSEPR</li> <li>Bentuk Molekul</li> </ul>	X			<ul style="list-style-type: none"> <li>Bentuk: Kuliah Tutorial</li> <li>Metode: Ceramah, Curah Pendapat, Diskusi</li> <li>Model/pendekatan: <i>Discovery Learning</i></li> </ul>	PTM 2x50' TKT 2x60' TKM 2x60'	PTM <ul style="list-style-type: none"> <li>Mahasiswa mengamati pengetahuan konseptual yang disajikan dosen melalui <b>power point dan alat peraga molymod</b>;</li> <li>mencari informasi dan merumuskan masalah dari permasalahan yang diberikan dosen secara berkelompok;</li> <li>mencari informasi tambahan terkait permasalahan yang telah dirumuskan;</li> <li>mengolah informasi yang diperoleh menjadi sumber informasi yang lebih teratur dan detail; (<b>integratif</b>)</li> <li>mengecek kebenaran informasi yang telah disusun dan disesuaikan dengan literatur secara berkelompok dan mendiskusikan informasi tersebut kepada mahasiswa didalam kelas melalui tanya jawab; (<b>interaktif, saintifik, kolaboratif</b>)</li> <li>menyimpulkan informasi yang diperoleh dan mengeneralisasikan informasi dalam aplikasi yang berkaitan dan dalam ayat Al-Quran (<b>holistik</b>)</li> </ul> (2x50 menit)  TKT Tugas 15: Mengerjakan latihan tentang Teori Domain Elektron dan Bentuk Molekul (2x60 menit)  TKM Tugas 16 : Membaca referensi lain yang berkaitan tentang ikatan ionik (2x60 menit)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bentuk penilaian tes tulis/lisan</li> <li>Kriteria dan indikator penilaian adalah ketepatan dan penguasaan</li> <li>Ketepatan menjelaskan pengertian materi yang ditanyakan</li> <li>Mampu menguasai materi yang dipelajari minimal 75%</li> </ul>	Mayasri, A. 2024. Ikatan Kimia Terintegrasi Nilai Al-Quran. Program Studi Pendidikan Kimia FTK UIN Ar-Raniry. Adlim, 2010, Kimia Anorganik. Unsyiah Press. Atkins, P., Overton, T., Rourke, J., Weller, M., & Armstrong, F. (2010). <i>Shriver and Atkins' inorganic chemistry</i> (5th ed.). Oxford University Press.

NO	Kemampuan akhir yang diharapkan (Sub CPMK)	Bahan Kajian/Materi Perkuliahan	Bentuk Pembelajaran			Metode Pembelajaran	Alokasi Waktu	Pengalaman Belajar Mahasiswa	Penilaian (kriteria, indikator dan bobot)	Referensi
			Luring	Daring	Blanded					
10	Mampu menjelaskan, menganalisis dan menguraikan konsep ikatan ionik, struktur kristal ionik dan proses Born-Haber dengan jujur dan bertanggungjawab	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ikatan lon</li> </ul>	X			<ul style="list-style-type: none"> <li>Bentuk: Kuliah Tutorial</li> <li>Metode: Ceramah, Curah Pendapat, Diskusi</li> <li>Model/pendekatan: <i>Pembelajaran Sainifik</i></li> </ul>	PTM 2x50' TKT 2x60' TKM 2x60'	PTM <ul style="list-style-type: none"> <li>Mahasiswa mengamati masalah yang disajikan oleh dosen tentang pengertian ikatan ionik dan pembentukan ikatan ionik</li> <li>Mahasiswa menanyakan dan mendata pertanyaan berbagai hal terkait permasalahan yang disajikan (interaktif)</li> <li>Mahasiswa mencari informasi untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan dan menyelesaikan permasalahan dengan jujur</li> <li>Mahasiswa mengasosiasikan jawaban yang diperoleh terhadap permasalahan yang disajikan dengan ayat Al-quran (integratif)</li> <li>Mahasiswa mempresentasikan jawaban yang diperoleh melalui diskusi (kolaboratif)</li> <li>Mahasiswa menyimpulkan hasil diskusi dan mengaitkannya dengan konsep gaya elektrostatik</li> </ul> (2x50 menit)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bentuk penilaian tes tulis/lisan</li> <li>Kriteria dan indikator penilaian adalah ketepatan dan penguasaan</li> <li>Ketepatan menjelaskan pengertian materi yang ditanyakan</li> <li>Mampu menguasai materi yang dipelajari minimal 75%</li> </ul>	Mayasri, A. 2024. Ikatan Kimia Terintegrasi Nilai Al-Quran. Program Studi Pendidikan Kimia FTK UIN Ar-Raniry. Adlim, 2010, Kimia Anorganik. Unsyiah Press. Atkins, P., Overton, T., Rourke, J., Weller, M., & Armstrong, F. (2010). <i>Shriver and Atkins' inorganic chemistry</i> (5th ed.). Oxford University Press.
							TKT Tugas 15: Mengerjakan latihan tentang Ikatan lon (pada modul) (2x60 menit)			
							TKM Tugas 16 : Membaca referensi lain yang berkaitan tentang ikatan logam (2x60 menit)			

NO	Kemampuan akhir yang diharapkan (Sub CPMK)	Bahan Kajian/Materi Perkuliahan	Bentuk Pembelajaran			Metode Pembelajaran	Alokasi Waktu	Pengalaman Belajar Mahasiswa	Penilaian (kriteria, indikator dan bobot)	Referensi
			Luring	Daring	Blanded					
11	Mampu menjelaskan, menganalisis, menyimpulkan konsep ikatan logam, teori awan elektron, teori pita valensi dan sifat magnet logam dengan jujur dan bertanggung jawab	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ikatan Logam</li> </ul>	X			<ul style="list-style-type: none"> <li>Bentuk: Kuliah Tutorial</li> <li>Metode: Ceramah, Curah Pendapat, Diskusi</li> <li>Model/pendekatan: <i>Problem Based Learning</i></li> </ul>	PTM 2x50' TKT 2x60' TKM 2x60'	PTM <ul style="list-style-type: none"> <li>Mahasiswa mengamati masalah yang disajikan oleh dosen tentang ikatan logam;</li> <li>Mahasiswa memperoleh arahan dari dosen;</li> <li>Mahasiswa menyelidiki permasalahan yang diberikan oleh dosen secara berkelompok; (<b>interaktif</b>)</li> <li>Mahasiswa mengembangkan dan menyajikan hasil solusi permasalahan;</li> <li>Mahasiswa menganalisis dan mengevaluasi proses pemecahan masalah dan mengaitkan dengan ayat Alquran (<b>integratif</b>)</li> <li>Mahasiswa mempresentasikan jawaban yang diperoleh melalui diskusi (<b>kolaboratif</b>)</li> </ul> (2x50 menit)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bentuk penilaian tes tulis/lisan</li> <li>Kriteria dan indikator penilaian adalah ketepatan dan penguasaan</li> <li>Ketepatan menjelaskan pengertian materi yang ditanyakan</li> <li>Mampu menguasai materi yang dipelajari minimal 75%</li> </ul>	Mayasri, A. 2024. Ikatan Kimia Terintegrasi Nilai Al-Quran. Program Studi Pendidikan Kimia FTK UIN Ar-Raniry. Adlim, 2010, Kimia Anorganik. Unsyiah Press. Atkins, P., Overton, T., Rourke, J., Weller, M., & Armstrong, F. (2010). <i>Shriver and Atkins' inorganic chemistry</i> (5th ed.). Oxford University Press.
							TKT Tugas 17: Mengerjakan latihan tentang ikatan logam (pada modul) (2x60 menit)			
							TKM Tugas 18 : Membaca referensi lain yang berkaitan dengan ikatan antimolekul (2x60 menit)			

NO	Kemampuan akhir yang diharapkan (Sub CPMK)	Bahan Kajian/Materi Perkuliahan	Bentuk Pembelajaran			Metode Pembelajaran	Alokasi Waktu	Pengalaman Belajar Mahasiswa	Penilaian (kriteria, indikator dan bobot)	Referensi
			Luring	Daring	Blanded					
12	Mampu menjelaskan dan menganalisis konsep ikatan antarmolekul, gaya van der Waals dan ikatan hidrogen; Membuat video simulasi kaitan gaya antarmolekul terhadap fasa materi dengan jujur bertanggungjawab	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ikatan Antarmolekul</li> </ul>	X			<ul style="list-style-type: none"> <li>Bentuk: Kuliah Tutorial</li> <li>Metode: Ceramah, Curah Pendapat, Diskusi</li> <li>Model/pendekatan: <i>Project Based Learning</i></li> </ul>	PTM 2x50' TKT 2x60' TKM 2x60'	PTM <ul style="list-style-type: none"> <li>Mahasiswa menjawab pertanyaan mendasar dari dosen tentang konsep gaya antar molekul;</li> <li>Mahasiswa mendesain perencanaan proyek;</li> <li>Mahasiswa menyusun jadwal pelaksanaan proyek;</li> <li>Mahasiswa dimonitor dan dievaluasi terkait proyek pembuatan video simulasi gaya antarmolekul yang dikerjakan dengan mengkombinasikan Hyperchem dan Canva;</li> <li>Mahasiswa mempertanggung jawabkan hasil pekerjaan yang dilakukan;</li> <li>Mahasiswa dievaluasi terkait proyek melalui tanya-jawab oleh dosen (interaktif)</li> <li>Mahasiswa menyimpulkan proyek yang dihasilkan dan mengaitkan dengan ayat dalam Alquran (integrative, holistik)</li> </ul> (2x50 menit)  TKT Tugas 17: Mengerjakan latihan tentang ikatan antarmolekul (pada modul) (2x60 menit)  TKM Tugas 18 : Membaca referensi lain yang berkaitan dengan fasa materi akibat ikatan antarmolekul (2x60 menit)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bentuk penilaian tes tulis/lisan</li> <li>Kriteria dan indikator penilaian adalah ketepatan dan penguasaan</li> <li>Ketepatan menjelaskan pengertian materi yang ditanyakan</li> <li>Mampu menguasai materi yang dipelajari minimal 75%</li> </ul>	Mayasri, A. 2024. Ikatan Kimia Terintegrasi Nilai Al-Quran. Program Studi Pendidikan Kimia FTK UIN Ar-Raniry. Adlim, 2010, Kimia Anorganik. Unsyiah Press. Atkins, P., Overton, T., Rourke, J., Weller, M., & Armstrong, F. (2010). <i>Shriver and Atkins' inorganic chemistry</i> (5th ed.). Oxford University Press.

NO	Kemampuan akhir yang diharapkan (Sub CPMK)	Bahan Kajian/Materi Perkuliahan	Bentuk Pembelajaran			Metode Pembelajaran	Alokasi Waktu	Pengalaman Belajar Mahasiswa	Penilaian (kriteria, indikator dan bobot)	Referensi
			Luring	Daring	Blanded					
13	Mampu menjelaskan dan menganalisis konsep fase materi akibat ikatan antarmolekul dengan jujur dan bertanggungjawab	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fase Materi Akibat Ikatan Antarmolekul</li> </ul>	X			<ul style="list-style-type: none"> <li>Bentuk: Kuliah Tutorial</li> <li>Metode: Ceramah, Curah Pendapat, Diskusi</li> <li>Model/pendekatan: <i>Problem Based Learning</i></li> </ul>	PTM 2x50' TKT 2x60' TKM 2x60'	PTM <ul style="list-style-type: none"> <li>Mahasiswa mengamati masalah yang disajikan oleh dosen tentang fase materi akibat ikatan antarmolekul;</li> <li>Mahasiswa memperoleh arahan dari dosen;</li> <li>Mahasiswa menyelidiki permasalahan yang diberikan oleh dosen secara berkelompok; (interaktif)</li> <li>Mahasiswa mengembangkan dan menyajikan hasil solusi permasalahan;</li> <li>Mahasiswa menganalisis dan mengevaluasi proses pemecahan masalah dan mengaitkan dengan ayat Alquran (integratif)</li> <li>Mahasiswa mempresentasikan jawaban yang diperoleh melalui diskusi (kolaboratif)</li> </ul> (2x50 menit)  TKT Tugas 17: Mengerjakan latihan tentang fase materi akibat ikatan antarmolekul (pada modul) (2x60 menit)  TKM Tugas 18 : Membaca referensi lain yang berkaitan dengan fasa materi akibat ikatan antarmolekul (2x60 menit)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bentuk penilaian tes tulis/lisan</li> <li>Kriteria dan indikator penilaian adalah ketepatan dan penguasaan</li> <li>Ketepatan menjelaskan pengertian materi yang ditanyakan</li> <li>Mampu menguasai materi yang dipelajari minimal 75%</li> </ul>	Mayasri, A. 2024. Ikatan Kimia Terintegrasi Nilai Al-Quran. Program Studi Pendidikan Kimia FTK UIN Ar-Raniry. Adlim, 2010, Kimia Anorganik. Unsyiah Press. Atkins, P., Overton, T., Rourke, J., Weller, M., & Armstrong, F. (2010). <i>Shriver and Atkins' inorganic chemistry</i> (5th ed.). Oxford University Press.

NO	Kemampuan akhir yang diharapkan (Sub CPMK)	Bahan Kajian/Materi Perkuliahan	Bentuk Pembelajaran			Metode Pembelajaran	Alokasi Waktu	Pengalaman Belajar Mahasiswa	Penilaian (kriteria, indikator dan bobot)	Referensi
			Luring	Daring	Blanded					
14	Mampu menjelaskan, menganalisis dan menguraikan konsep fase materi akibat ikatan kimia dengan jujur dan bertanggungjawab	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fase Materi Akibat Ikatan Kimia</li> </ul>	X			<ul style="list-style-type: none"> <li>Bentuk: Kuliah Tutorial</li> <li>Metode: Ceramah, Curah Pendapat, Diskusi</li> <li>Model/pendekatan: <i>Problem Based Learning</i></li> </ul>	PTM 2x50' TKT 2x60' TKM 2x60'	PTM <ul style="list-style-type: none"> <li>Mahasiswa mengamati masalah yang disajikan oleh dosen tentang fase materi akibat ikatan kimia;</li> <li>Mahasiswa memperoleh arahan dari dosen;</li> <li>Mahasiswa menyelidiki permasalahan yang diberikan oleh dosen secara berkelompok; (interaktif)</li> <li>Mahasiswa mengembangkan dan menyajikan hasil solusi permasalahan;</li> <li>Mahasiswa menganalisis dan mengevaluasi proses pemecahan masalah dan mengaitkan dengan ayat Alquran (integratif)</li> <li>Mahasiswa mempresentasikan jawaban yang diperoleh melalui diskusi (kolaboratif)</li> </ul> (2x50 menit)  TKT Tugas 19: Mengerjakan soal tentang fase materi akibat ikatan kimia (pada modul) (2x60 menit)  TKM Tugas 20 : Membaca referensi lain yang berkaitan dengan peran ikatan kimia dalam industri (2x60 menit)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bentuk penilaian tes tulis/lisan</li> <li>Kriteria dan indikator penilaian adalah ketepatan dan penguasaan</li> <li>Ketepatan menjelaskan pengertian materi yang ditanyakan</li> <li>Mampu menguasai materi yang dipelajari minimal 75%</li> </ul>	Mayasri, A. 2024. Ikatan Kimia Terintegrasi Nilai Al-Quran. Program Studi Pendidikan Kimia FTK UIN Ar-Raniry. Adlim, 2010, Kimia Anorganik. Unsyiah Press. Atkins, P., Overton, T., Rourke, J., Weller, M., & Armstrong, F. (2010). <i>Shriver and Atkins' inorganic chemistry</i> (5th ed.). Oxford University Press.

NO	Kemampuan akhir yang diharapkan (Sub CPMK)	Bahan Kajian/Materi Perkuliahan	Bentuk Pembelajaran			Metode Pembelajaran	Alokasi Waktu	Pengalaman Belajar Mahasiswa	Penilaian (kriteria, indikator dan bobot)	Referensi
			Luring	Daring	Blanded					
15	Mampu menjelaskan, menganalisis dan menguraikan peran ikatan kimia dalam industri berdasarkan studi kasus dengan jujur dan bertanggungjawab	<ul style="list-style-type: none"> <li>Studi Kasus: Peran Ikatan Kimia dalam Industri</li> </ul>	X			<ul style="list-style-type: none"> <li>Bentuk: Kuliah Tutorial</li> <li>Metode: Ceramah, Curah Pendapat, Diskusi</li> <li>Model/pendekatan: <i>Problem Based Learning</i></li> </ul>	PTM 2x50' TKT 2x60' TKM 2x60'	PTM <ul style="list-style-type: none"> <li>Mahasiswa mengamati masalah yang disajikan oleh dosen tentang peran ikatan kimia dalam industri;</li> <li>Mahasiswa memperoleh arahan dari dosen;</li> <li>Mahasiswa menyelidiki permasalahan yang diberikan oleh dosen secara berkelompok; (interaktif)</li> <li>Mahasiswa mengembangkan dan menyajikan hasil solusi permasalahan;</li> <li>Mahasiswa menganalisis dan mengevaluasi proses pemecahan masalah dan mengaitkan dengan ayat Alquran (integratif)</li> <li>Mahasiswa mempresentasikan jawaban yang diperoleh melalui diskusi (kolaboratif)</li> </ul> (2x50 menit)  TKT Tugas 21: Mengerjakan soal studi kasus tentang peran ikatan kimia dalam industri (pada modul) (2x60 menit)  TKM Tugas 22 : Membaca referensi lain yang berkaitan dengan materi ajar secara keseluruhan dari pertemuan 9-15 (2x60 menit)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bentuk penilaian tes tulis/lisan</li> <li>Kriteria dan indikator penilaian adalah ketepatan dan penguasaan</li> <li>Ketepatan menjelaskan pengertian materi yang ditanyakan</li> <li>Mampu menguasai materi yang dipelajari minimal 75%</li> </ul>	Mayasri, A. 2024. Ikatan Kimia Terintegrasi Nilai Al-Quran. Program Studi Pendidikan Kimia FTK UIN Ar-Raniry. Adlim, 2010, Kimia Anorganik. Unsyiah Press. Atkins, P., Overton, T., Rourke, J., Weller, M., & Armstrong, F. (2010). <i>Shriver and Atkins' inorganic chemistry</i> (5th ed.). Oxford University Press.

NO	Kemampuan akhir yang diharapkan (Sub CPMK)	Bahan Kajian/Materi Perkuliahan	Bentuk Pembelajaran			Metode Pembelajaran	Alokasi Waktu	Pengalaman Belajar Mahasiswa	Penilaian (kriteria, indikator dan bobot)	Referensi
			Luring	Daring	Blanded					
16	Mampu menjelaskan, memprediksikan, menganalisis dan menguraikan konsep struktur molekul sederhana berdasarkan VSEPR dan Hibridisasi, Ikatan Ionik, Struktur Kristal Senyawa Ionik, Proses Born-Haber, Ikatan Logam, teori dan sifat-sifat logam, dan gaya antar molekul dengan jujur dan bertanggung jawab.	Materi ajar yang telah dipelajari dari pertemuan 9-15	X			Ujian Akhir Semester (UAS)	PTM 2x50'	Mahasiswa menjawab soal-soal yang diujikan dengan benar	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bentuk penilaian tes tulis/lisan</li> <li>Kriteria dan indikator penilaian adalah ketepatan dan penguasaan</li> <li>Ketepatan menjelaskan pengertian materi yang ditanyakan</li> <li>Mampu menguasai materi yang dipelajari minimal 75%</li> </ul>	Mayasri, A. 2024. Ikatan Kimia Terintegrasi Nilai Al-Quran. Program Studi Pendidikan Kimia FTK UIN Ar-Raniry. Adlim, 2010, Kimia Anorganik. Unsyiah Press. Atkins, P., Overton, T., Rourke, J., Weller, M., & Armstrong, F. (2010). <i>Shriver and Atkins' inorganic chemistry</i> (5th ed.). Oxford University Press.
17										
18										
19										
20										

## F REFERENSI

## 1 Wajib

- a Mayasri, A. 2024. Ikatan Kimia Terintegrasi Nilai Al-Quran. Program Studi Pendidikan Kimia FTK UIN Ar-Raniry.

## 2 Pendukung

- a
- Adlim, 2010, Kimia Anorganik. Unsyiah Press.
  - Atkins, P., Overton, T., Rourke, J., Weller, M., & Armstrong, F. (2010). *Shriver and Atkins' inorganic chemistry* (5th ed.). Oxford University Press.
  - Cotton, F. A., Wilkinson, G., & Gaus, P. L. (1999). *Basic inorganic chemistry* (3rd ed.). Wiley.

Mengetahui:  
Prodi Pendidikan Kimia



Sabarni, M.Pd.

NIDN: 2008088202

Banda Aceh, 23 Agustus 2024  
Kordinator/Dosen Mata Kuliah

Adean Mayasri, M.Sc.  
NIDN : 2012039201



## TUGAS KEGIATAN MANDIRI (TKM)

Nama Mata Kuliah            Ikatan Kimia  
Kode mata Kuliah            2032PKM030  
Semester/SKS                3/2 sks

## Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (CPMK)

- 1 Menunjukkan sikap bertanggung jawab sepenuhnya terhadap nilai-nilai akademik yaitu kejujuran, kebebasan dan otonomi akademik yang diembannya
- 2 Mampu menjelaskan konsep teoritis ikatan kimia, meliputi jenis-jenis ikatan kimia, teori pembentukan ikatan kimia, gaya antar molekul dan struktur molekul
- 3 Mampu menganalisis konsep ikatan kimia tentang aplikasinya dalam kehidupan sehari-hari
- 4 Mampu mengkaji implikasi pengembangan atau implementasi ikatan kimia dalam ilmu pengetahuan dan teknologi yang memperhatikan dan menerapkan nilai humaniora sesuai dengan keahliannya berdasarkan kaidah, tata cara, dan etika ilmiah dalam rangka menghasilkan solusi, gagasan, dan desain
- 5 Mampu memanfaatkan teknologi informasi baik secara mandiri maupun bekerja sama untuk pembelajaran ikatan kimia
- 6 Mampu mengidentifikasi permasalahan dan memilih alternatif solusi berdasarkan teori dan temuan penelitian, serta merancang dan mengimplementasikannya dalam penelitian Pendidikan kimia secara terbimbing

## Jenis Tugas :

Pengayaan/remedial mata kuliah secara mandiri: dapat berupa membaca referensi tambahan mata kuliah atau observasi mandiri dengan tujuan pemenuhan secara maksimal capaian pembelajaran mata kuliah (CPMK).



Mengetahui:  
Prodi Pendidikan Kimia  
Sabarni, M.Pd.  
NIDN: 2008088202

Banda Aceh, 23 Agustus 2024  
Koordinator/Dosen Mata Kuliah

Adean Mayasri, M.Sc.  
NIDN : 2012039201

## PENILAIAN SIKAP, PENGETAHUAN DAN KETERAMPILAN

## A. PENILAIAN SIKAP (RUBRIK)

Prediket	Skor Angka	Deskripsi Perilaku
Sangat Baik	4	Menunjukkan sikap religius, jujur, disiplin, bertanggung jawab dalam proses perkuliahan dengan sangat baik
Baik	3	Menunjukkan sikap religius, jujur, disiplin, bertanggung jawab dalam proses perkuliahan dengan baik
Cukup	2	Menunjukkan sikap religius, jujur, disiplin, bertanggung jawab dalam proses perkuliahan dengan cukup
Kurang	1	Menunjukkan sikap religius, jujur, disiplin, bertanggung jawab dalam proses perkuliahan dengan kurang
Gagal		Menunjukkan sikap religius, jujur, disiplin, bertanggung jawab dalam proses perkuliahan dengan gagal

Keterangan :

Prediket :

Diisi dengan deskripsi tingkatan nilai, dengan jumlah tingkat yang kerinciannya sesuai dengan yang dikehendaki (sangat baik, baik, cukup, kurang, gagal).

Skor Angka :

Diisi dengan rentang angka yang sesuai dengan tingkat nilai pada kolom jenjang.

## B. KRITERIA PENILAIAN PENGETAHUAN DAN KETERAMPILAN

Nilai Huruf (NH)	Nilai Bobot (NB)	Nilai Angka (NA)	Predikat
A	4.00	90-100	Sangat Baik Sekali
A-	3.67	85-89	Sangat Baik
B+	3.33	78-84	Baik
B	3.00	72-77	Agak Baik
B-	2.67	68-71	Cukup
C+	2.33	65-67	Agak Kurang Baik
C	2.00	60-64	Kurang Baik
D	1.00	50-59	Sangat Kurang Baik
E	0	0-49	Gagal



Mengetahui:  
 Prodi Pendidikan Kimia  
 Sabarni, M.Pd.  
 NIDN: 2008088202

Banda Aceh, 23 Agustus 2024  
 Koordinator/Dosen Mata Kuliah

Adean Mayasri, M.Sc.  
 NIDN : 2012039201