

# MODUL PEMBELAJARAN

## Kimia Dasar

Disusun Oleh:  
**Ersan Y. Muslih**

## Daftar Isi

Cover .....	i
Daftar Isi .....	ii
Kata Pengantar .....	iii
Identitas Modul .....	1
Capaian Pembelajaran .....	1
Deskripsi Singkat Materi .....	1
Materi Pembelajaran .....	4
1. Model dan Teori-teori Atom .....	4
2. Konfigurasi Elektron dan Sistem Periodik Unsur .....	17
3. Ikatan Kimia .....	21
4. Sifat Koligatif Larutan .....	25
5. Besaran, Satuan, Pengukuran, dan Konversi .....	29
6. Konsep Mol dan Stoikiometri .....	35
7. Keseimbangan Kimia .....	38
8. Teori Asam-Basa .....	41
9. Reaksi Reduksi – Oksidasi (redoks) .....	46
10. Elektrokimia .....	50
11. Kinetika Kimia .....	54
12. Termokimia .....	63
13. Termodinamika .....	68
14. Penanganan Bahan Kimia .....	75

## **Kata Pengantar**

Puji syukur kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas selesainya modul ajar kimia ini yang disusun untuk mahasiswa tingkat dasar di Universitas Trisakti. Modul ini bertujuan untuk membantu mahasiswa memahami konsep-konsep dasar kimia, mulai dari teori atom hingga aplikasi kimia dalam kehidupan sehari-hari dan industri.

Kami menyusun modul ini dengan harapan dapat memfasilitasi proses pembelajaran yang lebih interaktif dan terstruktur. Terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam penyusunan modul ini. Kritik dan saran sangat kami harapkan demi penyempurnaan modul ini di masa depan.

Jakarta, 2 Januari 2024

Penyusun,  
Ersan Yudhapratama Muslih

## **Pendahuluan**

### **A. Identitas Modul**

Mata kuliah : Kimia

Program : Teknik Mesin

Alokasi Waktu: 2 SKS

### **B. Capaian Pembelajaran**

Mahasiswa mampu menerapkan pengetahuan matematika, ilmu pengetahuan alam dan/atau material, teknologi informasi dan keteknikan untuk mendapatkan pemahaman menyeluruh tentang prinsip-prinsip keteknikmesinan.

### **C. Deskripsi Singkat Materi**

#### **Model Atom dan Teori**

Modul ini membahas perkembangan model atom dari teori atom Dalton hingga model atom modern. Pembahasan meliputi atom sebagai unit dasar materi, partikel subatom, serta model atom Bohr dan mekanika kuantum yang menjelaskan struktur atom secara lebih rinci.

#### **Konfigurasi Elektron dan Sistem Periodik Unsur**

Menjelaskan cara penataan elektron dalam atom berdasarkan prinsip kuantum, serta bagaimana konfigurasi elektron mempengaruhi sifat kimia unsur. Modul ini juga mengulas tabel periodik, tren periodik (seperti energi ionisasi, afinitas elektron, dan jari-jari atom), dan hubungan antara konfigurasi elektron dengan posisi unsur dalam tabel periodik.

#### **Ikatan Kimia**

Menjelaskan jenis-jenis ikatan kimia, termasuk ikatan ionik, kovalen, dan logam. Modul ini juga membahas struktur Lewis, geometri molekul berdasarkan teori VSEPR, serta konsep hibridisasi dan ikatan intermolekuler seperti ikatan hidrogen dan gaya van der Waals.

## □ **Besaran, Pengukuran, dan Konversi**

Modul ini mengajarkan konsep dasar besaran fisis, satuan pengukuran, alat ukur, serta teknik konversi antar satuan. Juga dibahas cara menentukan ketepatan dan ketelitian hasil pengukuran, serta cara menghitung signifikan angka.

## □ **Konsep Mol dan Stoikiometri**

Mengupas konsep mol sebagai satuan jumlah zat, hukum-hukum dasar kimia seperti hukum kekekalan massa dan hukum perbandingan tetap, serta penerapannya dalam perhitungan stoikiometri reaksi kimia untuk menghitung jumlah zat pereaksi dan hasil reaksi.

## □ **Kesetimbangan**

Membahas konsep kesetimbangan dinamis dalam sistem kimia, konstanta kesetimbangan ( $K$ ), serta faktor-faktor yang mempengaruhi kesetimbangan seperti suhu, tekanan, dan konsentrasi. Prinsip Le Chatelier juga dibahas untuk memprediksi pergeseran kesetimbangan.

## □ **Teori Asam Basa**

Modul ini menjelaskan berbagai definisi asam-basa, termasuk definisi Arrhenius, Bronsted-Lowry, dan Lewis. Dibahas juga tentang pH, pOH, kekuatan asam-basa, serta titrasi asam-basa dan cara menghitung konsentrasi ion  $H^+$  dan  $OH^-$  dalam larutan.

## □ **Reaksi Redoks**

Menjelaskan konsep reaksi reduksi-oksidasi, cara menentukan bilangan oksidasi, dan metode penyetaraan reaksi redoks, baik dengan metode setengah reaksi maupun metode bilangan oksidasi. Modul ini juga mengajarkan pentingnya reaksi redoks dalam kehidupan sehari-hari, seperti dalam sel elektrokimia.

#### □ **Elektrokimia**

Membahas prinsip dasar elektrokimia, termasuk sel volta dan sel elektrolitik, potensial sel, dan persamaan Nernst. Modul ini juga menjelaskan konsep potensial elektroda standar serta aplikasinya dalam baterai dan korosi.

#### □ **Kinetika Kimia**

Menguraikan teori tumbukan dan faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi, seperti konsentrasi, suhu, dan katalis. Modul ini juga mencakup hukum laju reaksi untuk berbagai orde reaksi, serta persamaan Arrhenius dan mekanisme reaksi.

#### □ **Termokimia**

Menjelaskan konsep energi dalam reaksi kimia, termasuk hukum pertama termodinamika, entalpi, reaksi eksoterm dan endoterm, serta penggunaan kalorimeter untuk mengukur perubahan entalpi dalam reaksi kimia.

#### □ **Termodinamika**

Membahas hukum-hukum termodinamika, termasuk hukum kedua yang melibatkan entropi dan energi bebas Gibbs, serta hukum ketiga yang mengatur perilaku zat mendekati suhu nol absolut. Modul ini juga mencakup konsep keseimbangan termodinamika dan transformasi energi dalam sistem tertutup dan terbuka.

#### □ **Penanganan Bahan Kimia**

Menjelaskan prosedur keselamatan dalam menangani, menyimpan, dan membuang bahan kimia di laboratorium atau industri. Modul ini mencakup informasi tentang penggunaan alat pelindung diri, simbol-simbol bahaya, SDS (*Safety Data Sheet*), dan langkah-langkah darurat jika terjadi kecelakaan atau tumpahan bahan kimia.

## D. Materi Pembelajaran

### 1. Model dan Teori-teori Atom

Pada pembelajaran ini, mahasiswa diharapkan mampu menjelaskan teori atom dan perkembangannya, memahami penemuan partikel-partikel penyusun atom seperti proton, elektron, dan neutron, serta mengenal berbagai model atom yang telah dikembangkan, mulai dari John Dalton hingga model mekanika kuantum. Mahasiswa juga diharapkan dapat memahami konsep bilangan kuantum dan perkembangan sistem periodik unsur.

#### Sejarah Model Atom

##### □ Democritus (440 SM)

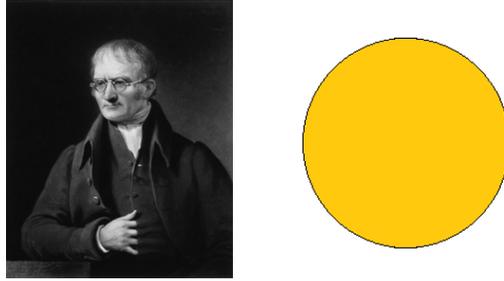
Konsep atom pertama kali diperkenalkan oleh filsuf Yunani, Demokritus, pada sekitar tahun 440 SM. Kata "atomos" dalam bahasa Yunani berarti "tidak dapat dibagi". Menurut Demokritus, semua materi di alam semesta terdiri dari partikel-partikel kecil yang tak terlihat, yang disebut atom. Meskipun belum didukung oleh bukti ilmiah pada masa itu, gagasan ini menjadi dasar bagi perkembangan lebih lanjut dalam ilmu kimia.



Gambar 1.1 Democritus (sumber: wikipedia.org)

##### □ Teori atom Dalton (1803)

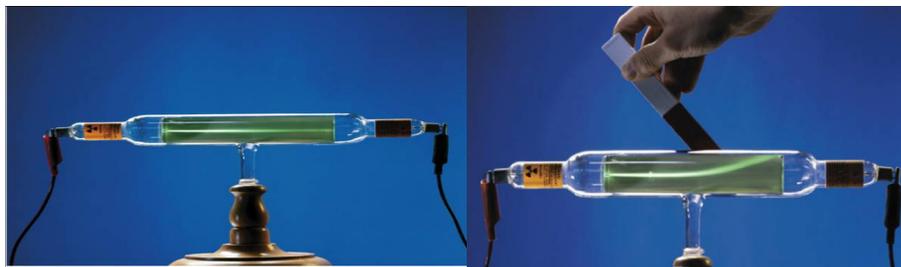
John Dalton, seorang ilmuwan Inggris, memperkenalkan model atom yang terinspirasi oleh dua hukum dasar kimia, yaitu Hukum Kekekalan Massa oleh Antoine Lavoisier dan Hukum Perbandingan Tetap oleh Joseph Proust. Dalton menyatakan bahwa atom adalah partikel terkecil dari suatu unsur yang tidak dapat dibagi lebih lanjut. Menurut Dalton, atom-atom dari unsur yang berbeda memiliki massa dan sifat yang berbeda.



Gambar 1.2 John Dalton dan Model Atom Dalton. (sumber: wikipedia.org)

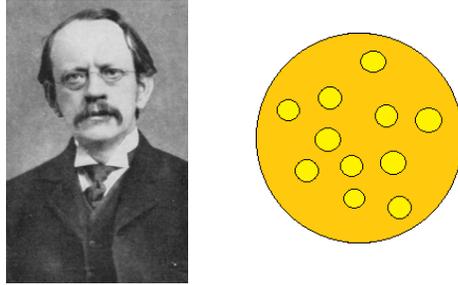
□ Model atom Thomson (1897)

Pada tahun 1897, J.J. Thomson menemukan partikel subatomik yang disebut elektron melalui eksperimen sinar katode dengan menggunakan tabung Crookes yang terdiri dari bola kaca vakum sebagian dari berbagai bentuk, dengan dua elektroda logam, katoda dan anoda, masing-masing berada di tiap ujung. Ketika tegangan tinggi diterapkan di antara elektroda, sinar katoda diproyeksikan dalam garis lurus dari katoda. Dalam eksperimennya, Thomson menyatakan bahwa sinar katoda merupakan partikel penyusun atom (partikel subatom) yang bermuatan negatif dan selanjutnya disebut elektron. Atom merupakan partikel netral, karena elektronnya bermuatan negatif maka harus ada partikel lain yang bermuatan positif untuk menetralkan muatan negatif elektron tersebut. Atom adalah bola padat yang bermuatan positif dan di dalamnya terdapat muatan elektron negatif.



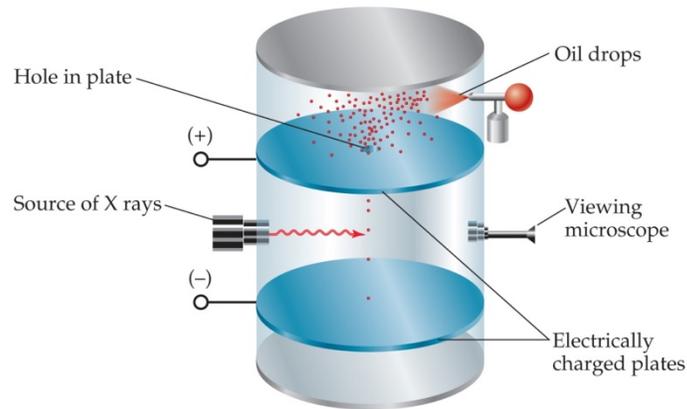
Gambar 1.3 Percobaan J.J. Thomson (sumber: <https://guide-prof.blogspot.com/2012/01/sejarah-perkembangan-model-atom.html>)

Ia menyatakan bahwa atom bukanlah partikel yang solid dan tidak dapat dibagi, melainkan terdiri dari elektron yang bermuatan negatif dan tersebar di dalam atom yang bermuatan positif. Model atom Thomson dikenal sebagai "model roti kismis", di mana elektron diibaratkan sebagai kismis yang tersebar dalam roti bermuatan positif.



Gambar 1.3 J.J. Thomson dan Model Atom Thomson. (sumber: wikipedia.org)

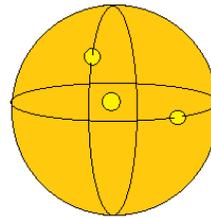
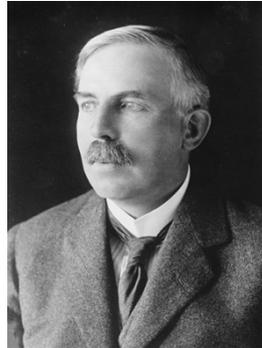
Model atom Thomson ini kemudian dilengkapi oleh Robert Millikan melalui eksperimen tetesan minyaknya berhasil mengukur muatan elektron dengan presisi tinggi. Melalui eksperimen ini, ia juga dapat menghitung massa elektron, sehingga memperkuat bukti bahwa elektron merupakan partikel subatomik yang penting dalam struktur atom. Ia berhasil mengukur rasio muatan/massa elektron sebesar  $1.76 \times 10^8$  coulomb/gram (C/g). Dari rasio ini, pada akhirnya dapat digunakan untuk menghitung massa dari elektron, yaitu sebesar  $9.10 \times 10^{-28}$  g.



Gambar 1.4 Penampang Alat Percobaan Milikan (sumber: Pearson Education 2012)

□ Model atom Rutherford (1910)

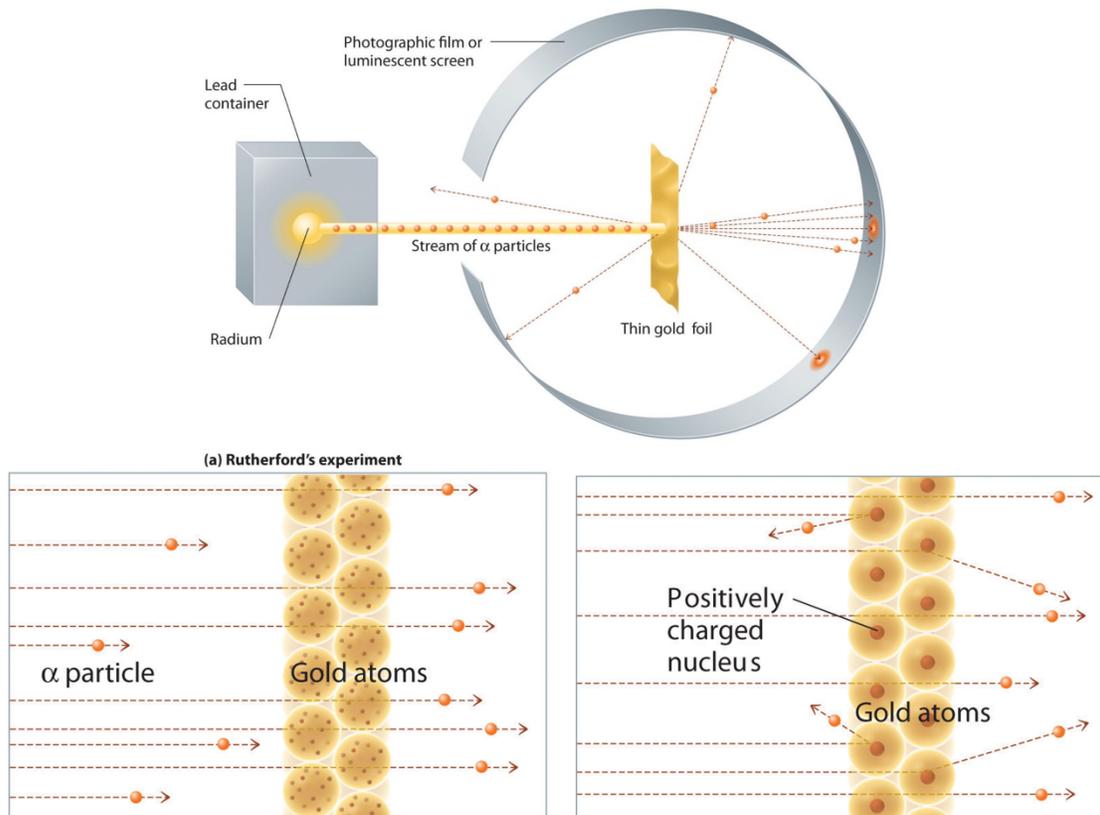
Pada tahun 1910, Ernest Rutherford melakukan eksperimen hamburan partikel alfa yang menghasilkan temuan bahwa atom sebagian besar terdiri dari ruang kosong, dengan inti atom yang kecil dan padat di pusatnya. Elektron beredar mengelilingi inti, seperti planet yang mengorbit matahari. Meskipun model ini penting dalam memahami struktur atom, model Rutherford tidak dapat menjelaskan mengapa elektron tidak jatuh ke dalam inti atom.



Gambar 1.5 Rutherford dan model atom Rutherford

(sumber:

wikipedia.org)



Gambar 1.6 Ilustrasi hamburan partikel alfa pada eksperimen Rutherford

(sumber: libretxts.org)

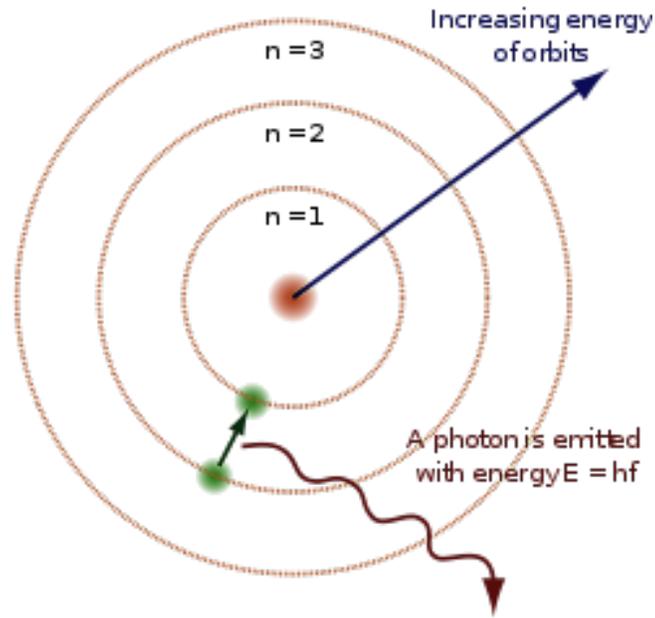
□ Model atom Bohr (1913)

Niels Bohr menyempurnakan model atom Rutherford dengan memperkenalkan konsep kuantum. Ia menyatakan bahwa elektron hanya dapat bergerak dalam lintasan atau orbit tertentu di sekitar inti atom, dan energi elektron akan tetap stabil selama elektron berada dalam orbit tersebut. Perubahan lintasan elektron hanya terjadi apabila elektron menyerap atau memancarkan energi dalam bentuk cahaya.



Gambar 1.7 Niels Bohr (sumber: wikipedia.org)

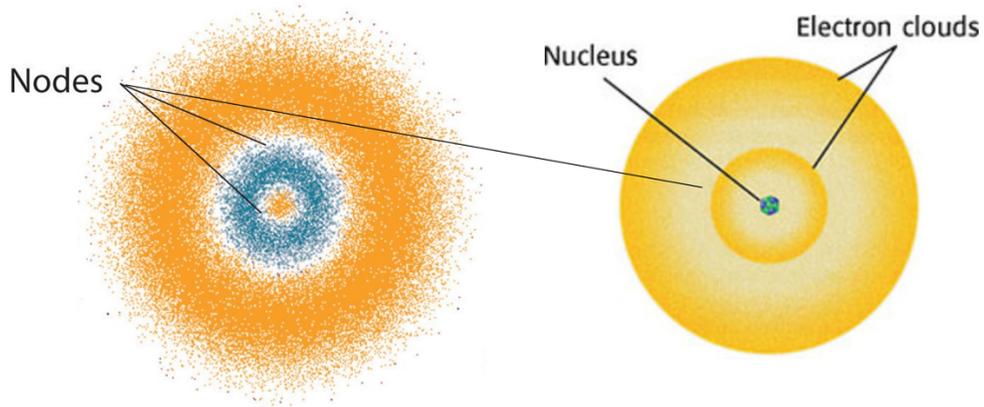
Deskripsi Bohr tentang atom hidrogen melibatkan kombinasi teori klasik Rutherford dan teori kuantum dari Planck, yang diungkapkan dalam empat postulat, yaitu hanya ada satu set orbit tertentu yang diizinkan untuk satu elektron dalam atom hidrogen. Orbit ini dikenal sebagai gerakan elektron yang statis (persisten) dan merupakan lintasan melingkar di sekitar inti. Selama elektron berada pada lintasan stasioner, energi elektron tetap ada sehingga tidak ada energi dalam bentuk radiasi yang dipancarkan atau diserap. Elektron hanya dapat bergerak dari satu lintasan stasioner ke lintasan stasioner lainnya. Pada transisi ini, sejumlah energi terlibat, yang jumlahnya sesuai dengan persamaan Planck,  $\Delta E = h\nu$ .



Gambar 1.8 Model atom Bohr (sumber: wikipedia.org)

□ Teori Mekanika Kuantum (1926)

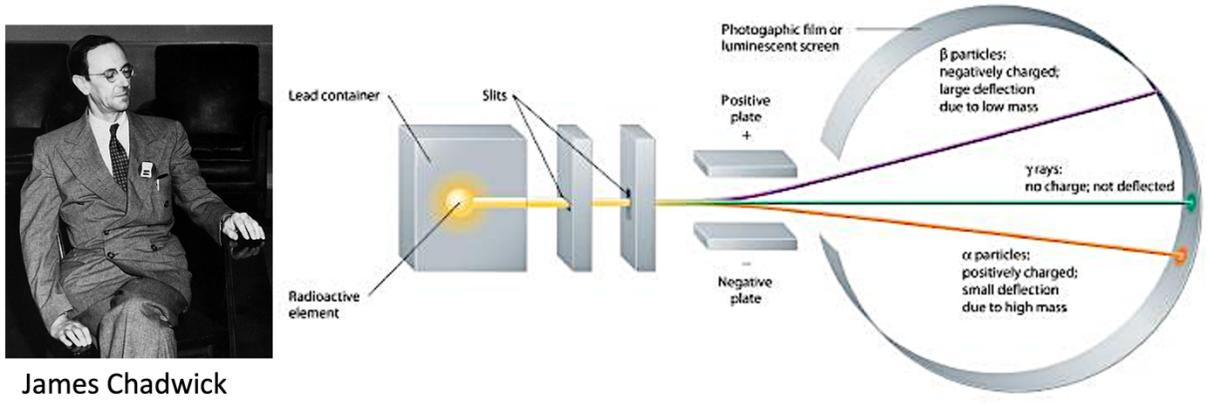
Model atom yang lebih modern dikembangkan melalui teori mekanika kuantum oleh ilmuwan seperti Schrödinger, Heisenberg, dan de Broglie. Dalam model ini, elektron tidak bergerak dalam orbit tertentu, tetapi membentuk awan probabilitas yang menunjukkan peluang keberadaan elektron di sekitar inti atom. Model ini memberikan gambaran yang lebih akurat tentang perilaku elektron di dalam atom.



Gambar 1.9 Model atom mekanika kuantum

□ Penemuan Neutron (1932)

Pada tahun 1932, James Chadwick menemukan partikel subatomik yang tidak bermuatan, yaitu neutron. Penemuan ini melengkapi struktur atom, di mana neutron bersama dengan proton membentuk inti atom. Neutron juga berperan penting dalam menjaga stabilitas inti atom dan menjelaskan perbedaan massa atom yang tidak dapat dijelaskan hanya dengan proton dan elektron.



James Chadwick

Gambar 1.10 James Chadwick dengan penampang eksperimennya (sumber: sikipedia.org)

## **E. Latihan Soal**

**1. Siapakah yang pertama kali memperkenalkan konsep atom?**

- A. Aristoteles
- B. Demokritus
- C. John Dalton
- D. J.J. Thomson

**2. Apa arti dari kata "atomos" dalam bahasa Yunani?**

- A. Dapat dibagi
- B. Tidak dapat dibagi
- C. Partikel terkecil
- D. Energi dalam

**3. John Dalton mengembangkan teori atom berdasarkan hukum berikut, kecuali:**

- A. Hukum Kekekalan Massa
- B. Hukum Perbandingan Tetap
- C. Hukum Perbandingan Berganda
- D. Hukum Gas Ideal

**4. Model atom "plum pudding" dikemukakan oleh:**

- A. John Dalton
- B. Ernest Rutherford
- C. Niels Bohr
- D. J.J. Thomson

**5. Partikel subatomik yang ditemukan oleh J.J. Thomson adalah:**

- A. Proton
- B. Elektron
- C. Neutron
- D. Positron

**6. Hasil eksperimen tetesan minyak yang dilakukan oleh Robert Millikan adalah:**

- A. Menentukan muatan elektron
- B. Menemukan proton
- C. Menemukan neutron
- D. Menentukan massa atom

**7. Menurut model atom Rutherford, inti atom terdiri dari:**

- A. Elektron
- B. Neutron
- C. Proton dan neutron
- D. Proton dan elektron

**8. Kelemahan model atom Rutherford adalah:**

- A. Tidak dapat menjelaskan adanya proton
- B. Tidak dapat menjelaskan stabilitas elektron yang mengelilingi inti
- C. Tidak dapat menjelaskan keberadaan neutron
- D. Tidak dapat menjelaskan muatan elektron

**9. Teori kuantum pertama kali digunakan dalam model atom oleh:**

- A. Niels Bohr
- B. Ernest Rutherford
- C. J.J. Thomson
- D. John Dalton

**10. Menurut Niels Bohr, energi elektron akan tetap stabil jika:**

- A. Elektron berada di luar inti
- B. Elektron menyerap energi
- C. Elektron berada di orbit tertentu
- D. Elektron melepaskan energi

**11. Model mekanika kuantum pertama kali dikembangkan oleh:**

- A. Niels Bohr
- B. Erwin Schrödinger

- C. J.J. Thomson
- D. Albert Einstein

**12. Apa yang dimaksud dengan “awan probabilitas” dalam model mekanika kuantum?**

- A. Gerakan elektron dalam jalur pasti
- B. Lokasi pasti elektron di sekitar inti
- C. Probabilitas keberadaan elektron di sekitar inti
- D. Orbit lingkaran elektron di sekitar inti

**13. Partikel netral yang ditemukan oleh James Chadwick disebut:**

- A. Proton
- B. Elektron
- C. Neutron
- D. Positron

**14. Neutron ditemukan pada tahun:**

- A. 1897
- B. 1910
- C. 1913
- D. 1932

**15. Hukum Kekekalan Massa pertama kali diperkenalkan oleh:**

- A. John Dalton
- B. Antoine Lavoisier
- C. Joseph Proust
- D. Niels Bohr

**16. Proton pertama kali ditemukan oleh:**

- A. J.J. Thomson
- B. Robert Millikan
- C. Ernest Rutherford
- D. James Chadwick

**17. Bagian terbesar dari volume atom menurut model Rutherford adalah:**

- A. Inti
- B. Elektron
- C. Ruang kosong
- D. Neutron

**18. Apa fungsi neutron dalam inti atom?**

- A. Menjaga kestabilan inti atom
- B. Memberikan muatan negatif
- C. Memancarkan cahaya
- D. Menyerap energi

**19. Bilangan kuantum yang menunjukkan orientasi orbital disebut:**

- A. Bilangan kuantum utama
- B. Bilangan kuantum azimuth
- C. Bilangan kuantum magnetik
- D. Bilangan kuantum spin

**20. Bilangan kuantum spin digunakan untuk:**

- A. Menjelaskan bentuk orbital
- B. Menentukan arah rotasi elektron
- C. Menunjukkan ukuran orbital
- D. Menentukan energi elektron

## **F. Kunci Jawaban**

1. B. Demokritus
2. B. Tidak dapat dibagi
3. D. Hukum Gas Ideal
4. D. J.J. Thomson
5. B. Elektron
6. A. Menentukan muatan elektron
7. C. Proton dan neutron
8. B. Tidak dapat menjelaskan stabilitas elektron yang mengelilingi inti
9. A. Niels Bohr
10. C. Elektron berada di orbit tertentu
11. B. Erwin Schrödinger
12. C. Probabilitas keberadaan elektron di sekitar inti
13. C. Neutron
14. D. 1932
15. B. Antoine Lavoiser
16. C. Ernest Rutherford
17. C. Ruang kosong
18. A. Menjaga kestabilan inti atom
19. C. bilangan kuantum magnetic
20. B. Menentukan arah rotasi elektron

## Daftar Pustaka

- Atkins, P., & Jones, L. (2016). *Chemical Principles: The Quest for Insight* (6th ed.). W.H. Freeman.
- Chang, R., & Goldsby, K. (2013). *Chemistry* (11th ed.). McGraw-Hill Education.
- LibreTexts Chemistry. (n.d.). *Development of the Atomic Model Theory*. Retrieved from [https://chem.libretexts.org/Bookshelves/General\\_Chemistry/Book%3A\\_Atoms\\_First\\_Approach](https://chem.libretexts.org/Bookshelves/General_Chemistry/Book%3A_Atoms_First_Approach)
- Mustofa, A. (2016). *Teori Atom*. Retrieved from <https://arimustofa.wordpress.com/2016/08/04/teori-atom/>
- Petrucci, R. H., Herring, F. G., Madura, J. D., & Bissonnette, C. (2017). *General Chemistry: Principles and Modern Applications* (11th ed.). Pearson.
- Silberberg, M. S. (2015). *Chemistry: The Molecular Nature of Matter and Change* (7th ed.). McGraw-Hill Education.
- Wikipedia. (n.d.). *Atomic Theory*. Retrieved from [https://en.wikipedia.org/wiki/Atomic\\_theory](https://en.wikipedia.org/wiki/Atomic_theory)
- Wikipedia. (n.d.). *John Dalton*. Retrieved from [https://id.wikipedia.org/wiki/John\\_Dalton](https://id.wikipedia.org/wiki/John_Dalton)
- Wikipedia. (n.d.). *Rutherford's Experiment*. Retrieved from [https://en.wikipedia.org/wiki/Rutherford\\_scattering](https://en.wikipedia.org/wiki/Rutherford_scattering)
- Zumdahl, S. S., & Zumdahl, S. A. (2014). *Chemistry* (9th ed.). Cengage Learning.

## 2. Konfigurasi Elektron dan Sistem Periodik Unsur

### 2.1 Sejarah Tabel Periodik

Tabel periodik unsur pertama kali diusulkan oleh **Dmitri Mendeleev** pada tahun 1869, yang menyusun unsur berdasarkan kenaikan massa atom. Henry Moseley kemudian memperbaiki tabel ini dengan menyusun unsur berdasarkan nomor atom.

### 2.2 Konfigurasi Elektron

Konfigurasi elektron adalah distribusi elektron dalam orbital di sekitar inti atom. Elektron mengisi orbital berdasarkan prinsip Aufbau, yang menyatakan bahwa elektron mengisi orbital dengan energi terendah terlebih dahulu.

### 2.3 Sistem Periodik Unsur

Unsur-unsur dalam tabel periodik disusun dalam periode dan golongan berdasarkan konfigurasi elektron terluarnya. Unsur-unsur dalam satu golongan memiliki sifat kimia yang serupa.

### 2.4 Sifat-Sifat Periodik Unsur

Sifat periodik seperti jari-jari atom, energi ionisasi, afinitas elektron, dan elektronegativitas mengikuti pola yang berulang sepanjang tabel periodik. Misalnya, jari-jari atom cenderung mengecil dari kiri ke kanan dalam satu periode dan membesar dari atas ke bawah dalam satu golongan.

### Latihan Soal:

1. Konfigurasi elektron dari atom natrium (Na,  $Z = 11$ ) adalah...
  - A.  $1s^2 2s^2 2p^6$
  - B.  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$
  - C.  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$
  - D.  $1s^2 2s^2 2p^5 3s^2$
2. Berdasarkan konfigurasi elektronnya, atom yang memiliki konfigurasi  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$  berada pada golongan...
  - A. Golongan IA
  - B. Golongan IIIA
  - C. Golongan VA
  - D. Golongan VIIA

3. Unsur yang memiliki konfigurasi elektron  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$  berada pada periode...
- A. Periode 1
  - B. Periode 2
  - C. Periode 3
  - D. Periode 4
4. Unsur yang memiliki konfigurasi elektron  $[\text{Ne}] 3s^2 3p^4$  termasuk ke dalam...
- A. Golongan IIIA
  - B. Golongan IVA
  - C. Golongan VA
  - D. Golongan VIA
5. Konfigurasi elektron atom unsur dengan nomor atom 20 adalah...
- A.  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$
  - B.  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$
  - C.  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4p^2$
  - D.  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 4s^2$
6. Salah satu sifat unsur yang terletak dalam golongan yang sama pada tabel periodik adalah...
- A. Memiliki jumlah kulit elektron yang sama
  - B. Memiliki jumlah elektron valensi yang sama
  - C. Memiliki nomor atom yang sama
  - D. Memiliki sifat kimia yang sama persis
7. Unsur dengan konfigurasi elektron  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$  adalah...
- A. Magnesium (Mg,  $Z = 12$ )
  - B. Aluminium (Al,  $Z = 13$ )
  - C. Neon (Ne,  $Z = 10$ )
  - D. Fosfor (P,  $Z = 15$ )

8. Manakah dari unsur berikut yang termasuk ke dalam golongan alkali tanah?
- A. Natrium (Na)
  - B. Magnesium (Mg)
  - C. Aluminium (Al)
  - D. Fluor (F)
9. Unsur yang terletak di golongan VIIA pada tabel periodik adalah...
- A. Oksigen
  - B. Nitrogen
  - C. Klorin
  - D. Karbon
10. Semakin ke kanan dalam satu periode, sifat logam dari unsur-unsur akan...
- A. Semakin kuat
  - B. Semakin lemah
  - C. Tetap sama
  - D. Tidak berubah

**Kunci Jawaban:**

- 1. B.  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$
- 2. C. Golongan VA
- 3. D. Periode 4
- 4. D. Golongan VIA
- 5. A.  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$
- 6. B. Memiliki jumlah elektron valensi yang sama
- 7. B. Aluminium (Al,  $Z = 13$ )
- 8. B. Magnesium (Mg)
- 9. C. Klorin
- 10. B. Semakin lemah

**Daftar Pustaka:**

- Atkins, P., & Jones, L. (2016). *Chemical Principles: The Quest for Insight*. W.H. Freeman.
- Silberberg, M. S. (2015). *Chemistry: The Molecular Nature of Matter and Change*. McGraw-Hill Education.

### **3. Ikatan Kimia**

#### **3.1 Ikatan Ion**

Ikatan ion terbentuk ketika satu atom melepaskan elektron untuk menjadi kation dan atom lain menerima elektron untuk menjadi anion. Ikatan ini terjadi antara logam dan non-logam dengan perbedaan elektronegativitas yang besar, misalnya NaCl.

#### **3.2 Ikatan Kovalen**

Ikatan kovalen terbentuk ketika dua atom berbagi pasangan elektron, biasanya terjadi antara non-logam dengan perbedaan elektronegativitas yang kecil, misalnya H<sub>2</sub>O. Ikatan kovalen dapat berupa ikatan tunggal, rangkap dua, atau rangkap tiga, tergantung pada jumlah pasangan elektron yang dibagi.

#### **3.3 Teori Ikatan**

- **Struktur Lewis:** Elektron valensi digambarkan dengan titik-titik di sekitar simbol unsur.
- **Teori VSEPR:** Bentuk molekul ditentukan oleh tolakan antara pasangan elektron di sekitar atom pusat.
- **Teori MO:** Orbit molekul terbentuk dari kombinasi orbit atom dan digunakan untuk menjelaskan ikatan dalam molekul seperti O<sub>2</sub>.

#### **3.4 Resonansi dan Struktur Resonansi**

Resonansi terjadi ketika lebih dari satu struktur Lewis dapat digambar untuk molekul. Contoh yang terkenal adalah struktur resonansi benzena (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>), di mana ikatan ganda dan tunggal bergantian dalam cincin.

**Latihan soal:**

**1. Ikatan kimia terjadi karena...**

- A. Atom-atom ingin mencapai kestabilan dengan membentuk elektron valensi yang penuh.
- B. Atom-atom ingin meningkatkan energinya.
- C. Atom-atom ingin mencapai keadaan energi yang lebih tinggi.
- D. Atom-atom saling bertukar proton.

**2. Ikatan ion terbentuk antara...**

- A. Dua atom logam
- B. Dua atom non-logam
- C. Satu atom logam dan satu atom non-logam
- D. Dua atom gas mulia

**3. Atom klor (Cl) dan natrium (Na) dapat membentuk ikatan...**

- A. Kovalen
- B. Hidrogen
- C. Ion
- D. Logam

**4. Ikatan kovalen terjadi ketika...**

- A. Elektron ditransfer dari satu atom ke atom lain
- B. Dua atom berbagi sepasang elektron
- C. Proton ditransfer dari satu atom ke atom lain
- D. Dua atom berbagi sepasang proton

**5. Dalam molekul H<sub>2</sub>O, jenis ikatan yang menghubungkan atom hidrogen dan oksigen adalah...**

- A. Ikatan ion
- B. Ikatan kovalen
- C. Ikatan logam

D. Ikatan van der Waals

**6. Ikatan logam ditandai dengan...**

- A. Delokalisasi elektron yang bergerak bebas di antara ion logam
- B. Transfer elektron dari logam ke non-logam
- C. Pembentukan molekul polar
- D. Interaksi antar dipol

**7. Atom karbon dalam CH<sub>4</sub> membentuk ikatan...**

- A. Ion
- B. Kovalen polar
- C. Kovalen non-polar
- D. Hidrogen

**8. Ikatan hidrogen terjadi antara...**

- A. Dua atom hidrogen
- B. Atom hidrogen dengan atom yang sangat elektronegatif, seperti oksigen atau nitrogen
- C. Atom karbon dengan atom hidrogen
- D. Dua molekul yang memiliki ikatan kovalen non-polar

**9. Senyawa yang memiliki ikatan ion biasanya memiliki sifat...**

- A. Titik leleh rendah dan penghantar listrik yang baik dalam bentuk padat
- B. Titik leleh tinggi dan penghantar listrik yang baik dalam bentuk lelehan
- C. Titik leleh tinggi dan tidak menghantarkan listrik dalam bentuk cair
- D. Titik leleh rendah dan tidak menghantarkan listrik dalam bentuk larutan

**10. Atom-atom dalam gas mulia tidak mudah membentuk ikatan kimia karena...**

- A. Mereka memiliki energi ionisasi yang rendah
- B. Mereka memiliki konfigurasi elektron yang stabil dengan oktet penuh
- C. Mereka memiliki afinitas elektron yang tinggi

D. Mereka memiliki jumlah proton yang seimbang

**Kunci Jawaban:**

1. A. Atom-atom ingin mencapai kestabilan dengan membentuk elektron valensi yang penuh.
2. C. Satu atom logam dan satu atom non-logam
3. C. Ion
4. B. Dua atom berbagi sepasang elektron
5. B. Ikatan kovalen
6. A. Delokalisasi elektron yang bergerak bebas di antara ion logam
7. C. Kovalen non-polar
8. B. Atom hidrogen dengan atom yang sangat elektronegatif, seperti oksigen atau nitrogen
9. B. Titik leleh tinggi dan penghantar listrik yang baik dalam bentuk lelehan
10. B. Mereka memiliki konfigurasi elektron yang stabil dengan oktet penuh

**Daftar Pustaka:**

- Petrucci, R. H., Herring, F. G., Madura, J. D., & Bissonnette, C. (2017). *General Chemistry: Principles and Modern Applications*. Pearson.
- Zumdahl, S. S., & Zumdahl, S. A. (2014). *Chemistry*. Cengage Learning.

## 4. Sifat Koligatif Larutan

**Sifat koligatif larutan** adalah sifat-sifat yang bergantung pada jumlah partikel zat terlarut dalam larutan, bukan pada jenis partikel tersebut. Sifat koligatif meliputi penurunan tekanan uap, kenaikan titik didih, penurunan titik beku, dan tekanan osmotik.

### 1. Definisi Larutan

Larutan adalah campuran homogen dari dua atau lebih zat murni, di mana zat terlarut terdispersi secara merata di seluruh pelarut.

### 2. Hukum Raoult

Hukum ini menyatakan bahwa tekanan uap larutan berbanding lurus dengan fraksi mol pelarut dalam larutan. Persamaan umumnya adalah:  $P_A = X_A \cdot P_{A0}$  di mana  $P_A$  adalah tekanan uap larutan,  $X_A$  adalah fraksi mol pelarut, dan  $P_{A0}$  adalah tekanan uap pelarut murni.

### 3. Penurunan Tekanan Uap

Tekanan uap larutan lebih rendah dibandingkan tekanan uap pelarut murni karena adanya zat terlarut yang menghalangi molekul pelarut untuk meninggalkan permukaan larutan.

### 4. Kenaikan Titik Didih

Ketika zat terlarut ditambahkan ke pelarut, titik didih larutan meningkat karena adanya zat terlarut yang mengurangi tekanan uap pelarut. Persamaan kenaikan titik didih adalah:  $\Delta T_b = K_b \cdot m$  di mana  $\Delta T_b$  adalah kenaikan titik didih,  $K_b$  adalah konstanta kenaikan titik didih molal, dan  $m$  adalah molalitas.

### 5. Penurunan Titik Beku

Larutan juga memiliki titik beku yang lebih rendah daripada pelarut murni. Hal ini disebabkan oleh partikel zat terlarut yang mengganggu pembentukan kristal pelarut pada suhu rendah. Persamaan penurunan titik beku adalah:  $\Delta T_f = K_f \cdot m$  di mana  $\Delta T_f$  adalah penurunan titik beku,  $K_f$  adalah konstanta penurunan titik beku molal, dan  $m$  adalah molalitas.

### 6. Tekanan Osmotik

Tekanan osmotik adalah tekanan yang dibutuhkan untuk menghentikan proses osmosis, yaitu aliran pelarut melalui membran semipermeabel dari daerah konsentrasi rendah ke daerah konsentrasi tinggi. Tekanan osmotik dapat dihitung dengan rumus:  $\pi = M \cdot R \cdot T$  di

mana  $\pi$  adalah tekanan osmotik, M adalah molaritas, R adalah konstanta gas, dan T adalah suhu dalam Kelvin.

**Latihan Soal:**

1. Sifat koligatif larutan bergantung pada...
  - A. Jenis pelarut
  - B. Jenis zat terlarut
  - C. Jumlah partikel zat terlarut
  - D. Jenis dan jumlah zat terlarut
  
2. Hukum Raoult menyatakan bahwa...
  - A. Tekanan uap larutan berbanding lurus dengan molaritas larutan
  - B. Tekanan uap larutan berbanding lurus dengan fraksi mol pelarut
  - C. Tekanan uap larutan berbanding terbalik dengan fraksi mol zat terlarut
  - D. Tekanan uap larutan berbanding lurus dengan volume larutan
  
3. Kenaikan titik didih larutan ditentukan oleh...
  - A. Konsentrasi zat pelarut
  - B. Molalitas zat terlarut
  - C. Fraksi mol zat terlarut
  - D. Massa zat pelarut
  
4. Tekanan osmotik bergantung pada...
  - A. Volume pelarut
  - B. Konsentrasi zat terlarut
  - C. Jenis zat terlarut
  - D. Volume larutan
  
5. Penurunan titik beku larutan adalah akibat dari...
  - A. Penurunan tekanan uap
  - B. Peningkatan jumlah partikel zat terlarut

- C. Penambahan zat pelarut
  - D. Tekanan osmotik
6. Kenaikan titik didih larutan dapat dihitung dengan rumus...
- A.  $\Delta T_b = K_f \cdot m$
  - B.  $\Delta T_b = K_b \cdot m$
  - C.  $\Delta T_f = K_f \cdot m$
  - D.  $\Delta T_f = K_b \cdot m$
7. Tekanan osmotik merupakan tekanan yang diperlukan untuk...
- A. Menghentikan proses penguapan
  - B. Menghentikan osmosis
  - C. Menurunkan titik didih larutan
  - D. Meningkatkan titik beku larutan
8. Kenaikan titik didih dan penurunan titik beku hanya bergantung pada...
- A. Konsentrasi zat terlarut
  - B. Jenis pelarut
  - C. Volume pelarut
  - D. Jenis zat terlarut
9. Jika tekanan uap larutan lebih rendah dari pelarut murni, maka...
- A. Titik didih larutan lebih rendah
  - B. Titik beku larutan lebih tinggi
  - C. Tekanan osmotik lebih besar
  - D. Titik beku larutan lebih rendah
- 10. Tekanan uap pelarut dalam larutan berkurang karena...**
- A. Adanya partikel zat terlarut yang menghalangi pelarut untuk menguap
  - B. Volume larutan yang lebih besar
  - C. Pelarut yang bercampur sempurna dengan zat terlarut

D. Penurunan massa zat terlarut

**Kunci Jawaban:**

1. C. Jumlah partikel zat terlarut
2. B. Tekanan uap larutan berbanding lurus dengan fraksi mol pelarut
3. B. Molalitas zat terlarut
4. B. Konsentrasi zat terlarut
5. B. Peningkatan jumlah partikel zat terlarut
6. B.  $\Delta T_b = K_b \cdot m$
7. B. Menghentikan osmosis
8. A. Konsentrasi zat terlarut
9. D. Titik beku larutan lebih rendah
10. A. Adanya partikel zat terlarut yang menghalangi pelarut untuk menguap

## 5. Besaran, Pengukuran, dan Konversi

### A. Pengertian Besaran

**Besaran** adalah segala sesuatu yang dapat diukur dan dinyatakan dengan angka, serta memiliki satuan. Dalam ilmu fisika dan kimia, besaran dibagi menjadi dua kelompok, yaitu **besaran pokok** dan **besaran turunan**.

#### 1. Besaran Pokok

Besaran pokok adalah besaran yang satuannya ditetapkan lebih dahulu dan tidak bergantung pada besaran lain. Ada tujuh besaran pokok dalam Sistem Satuan Internasional (SI):

- **Panjang** (meter, m)
- **Massa** (kilogram, kg)
- **Waktu** (sekon, s)
- **Suhu** (kelvin, K)
- **Arus listrik** (ampere, A)
- **Jumlah zat** (mol)
- **Intensitas cahaya** (candela, cd)

#### 2. Besaran Turunan

Besaran turunan adalah besaran yang diturunkan dari besaran pokok. Contohnya:

- **Gaya** dengan satuan newton (N) adalah besaran turunan dari massa, panjang, dan waktu.  $1 \text{ newton} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2$ .
- **Kecepatan** dengan satuan meter per sekon (m/s), yang merupakan hasil pembagian dari besaran panjang dan waktu.

### Definisi Pengukuran

**Pengukuran** adalah proses membandingkan suatu besaran dengan satuan standar yang telah ditentukan. Dalam pengukuran, digunakan alat ukur tertentu, seperti penggaris untuk panjang, neraca untuk massa, atau stopwatch untuk waktu.

Ada dua jenis pengukuran:

#### 1. Pengukuran Langsung:

Mengukur besaran secara langsung dengan alat ukur, misalnya mengukur panjang dengan penggaris.

## 2. Pengukuran Tidak Langsung:

Mengukur suatu besaran melalui penghitungan dengan besaran lain, seperti menghitung massa jenis dengan mengukur massa dan volume terlebih dahulu.

Pengukuran dilakukan dengan alat ukur dan harus menghasilkan data yang akurat dan presisi.

- **Akurasi (Accuracy):** Menunjukkan seberapa dekat hasil pengukuran dengan nilai sebenarnya.
- **Presisi (Precision):** Menunjukkan seberapa konsisten hasil pengukuran yang dilakukan berulang kali.

### Sistem Satuan Internasional (SI)

**Sistem Satuan Internasional (SI)** adalah sistem satuan yang digunakan secara universal untuk menyederhanakan pengukuran di berbagai disiplin ilmu. SI terdiri dari tujuh besaran pokok dan satuan yang mendukungnya, yaitu:

Besaran Pokok	Satuan SI	Simbol Satuan
Panjang	Meter	m
Massa	Kilogram	kg
Waktu	Detik	s
Suhu	Kelvin	K
Kuat Arus	Ampere	A
Jumlah Zat	Mol	mol
Intensitas Cahaya	Candela	cd

### Sistem Metrik

**Sistem metrik** adalah sistem pengukuran yang menggunakan satuan dasar seperti meter, liter, dan gram, serta prefiks yang menunjukkan kelipatan atau pecahan dari satuan dasar. Prefiks umum yang digunakan dalam sistem metrik meliputi:

Prefiks	Simbol	Nilai
Kilo	k	$10^3$
Hekto	h	$10^2$
Deka	da	$10^1$
Desi	d	$10^{-1}$
Centi	c	$10^{-2}$
Mili	m	$10^{-3}$
Mikro	$\mu$	$10^{-6}$
Nano	n	$10^{-9}$

### Konversi Besaran

**Konversi satuan** adalah proses mengubah suatu besaran dari satu satuan ke satuan lain yang sejenis. Konversi diperlukan ketika hasil pengukuran ingin dinyatakan dalam satuan yang berbeda, tetapi tetap memiliki nilai yang sama.

Berikut beberapa langkah dalam konversi satuan:

1. **Menentukan faktor konversi:** Misalnya, untuk mengonversi meter ke kilometer, kita tahu bahwa  $1 \text{ km} = 1.000 \text{ m}$ .

2. **Melakukan perhitungan konversi:**

Jika kita memiliki 5.000 meter, kita ingin mengonversinya ke kilometer:

$$5.000 \text{ m} \times 1 \text{ km} = 5 \text{ km}$$

3. **Memastikan angka penting:** Selama proses konversi, jumlah angka penting dalam hasil harus sesuai dengan jumlah angka penting pada besaran awal.

### Contoh Konversi:

□ **Mengubah 250 cm ke meter:**

Diketahui  $1 \text{ m} = 100 \text{ cm}$ , maka:

$$250 \text{ cm} \times 1 \text{ m} = 2.5 \text{ m}$$

□ **Mengubah 3 kilogram ke gram:**

Diketahui  $1 \text{ kg} = 1.000 \text{ gram}$ , maka:  $3 \text{ kg} \times 1.000 \text{ g} = 3.000 \text{ g}$

**Angka Penting dalam Pengukuran**

**Angka penting** adalah semua angka yang diperoleh dari hasil pengukuran yang mencerminkan ketelitian alat ukur yang digunakan. Angka penting terdiri dari angka pasti dan angka taksiran.

Berikut adalah aturan angka penting:

1. Semua angka bukan nol adalah angka penting.  
Contoh: 123 memiliki 3 angka penting.
2. Angka nol yang terletak di antara dua angka bukan nol adalah angka penting.  
Contoh: 1005 memiliki 4 angka penting.
3. Angka nol yang terletak di sebelah kanan angka bukan nol tanpa tanda desimal bukan angka penting.  
Contoh: 5.000 memiliki 1 angka penting.

**Latihan Soal:**

1. Besaran pokok yang termasuk dalam sistem SI adalah...  
A. Gaya  
B. Waktu  
C. Kecepatan  
D. Volume
2. Konversi 5000 meter ke kilometer adalah...  
A. 0.5 km  
B. 5 km  
C. 50 km  
D. 500 km

**Jawaban: B**

3. Angka penting dalam hasil pengukuran 0.00720 adalah...
- A. 2
  - B. 3
  - C. 4
  - D. 5

**Jawaban: C**

4. 1 kilometer sama dengan...
- A. 100 meter
  - B. 1.000 meter
  - C. 10.000 meter
  - D. 100.000 meter

**Jawaban: B**

5. Satuan SI untuk gaya adalah...
- A. Joule
  - B. Newton
  - C. Pascal
  - D. Watt

**Jawaban: B**

6. Konversi 0.05 kilogram ke gram adalah...
- A. 5 g
  - B. 50 g
  - C. 500 g
  - D. 5.000 g

**Jawaban: B**

7. Besaran yang termasuk besaran turunan adalah...
- A. Massa
  - B. Panjang
  - C. Waktu
  - D. Gaya

**Jawaban: D**

8. Pengukuran volume air dengan alat ukur gelas ukur termasuk pengukuran...

- A. Langsung
- B. Tidak langsung
- C. Empiris
- D. Estimasi

**Jawaban: A**

9. 1 miligram sama dengan...

- A. 0.001 gram
- B. 0.01 gram
- C. 0.1 gram
- D. 1 gram

**Jawaban: A**

10. Konversi 1500 mililiter ke liter adalah...

- A. 1.5 liter
- B. 15 liter
- C. 150 liter
- D. 0.15 liter

**Jawaban: A**

## 6. Konsep Mol dan Stoikiometri

Mol adalah satuan untuk jumlah zat yang mengandung partikel sebanyak bilangan Avogadro, yaitu  $6.022 \times 10^{23}$  partikel (atom, molekul, ion). Mol digunakan untuk menghitung jumlah zat berdasarkan massa zat atau volume gas.

### Bilangan Avogadro

Bilangan Avogadro ( $6.022 \times 10^{23}$ ) menunjukkan jumlah partikel dalam 1 mol zat.

### Massa Molar

Massa molar adalah massa 1 mol zat, dinyatakan dalam satuan gram/mol. Massa molar dihitung dari massa atom relatif (Ar) atau massa molekul relatif (Mr).

### Hukum Kekekalan Massa

Hukum kekekalan massa menyatakan bahwa massa zat sebelum dan sesudah reaksi kimia harus tetap sama. Oleh karena itu, perbandingan mol reaktan dan produk dapat dihitung menggunakan stoikiometri.

### Hukum Perbandingan Tetap (Proust)

Hukum ini menyatakan bahwa perbandingan massa unsur-unsur dalam suatu senyawa selalu tetap.

### Latihan Soal

1. Jumlah partikel dalam 1 mol gas adalah...

- A.  $3.01 \times 10^{23}$  partikel
- B.  $6.022 \times 10^{23}$  partikel
- C.  $2.01 \times 10^{23}$  partikel
- D.  $4.01 \times 10^{23}$  partikel

**Jawaban: B**

2. Berapa mol dalam 36 gram H<sub>2</sub>O? (Mr H<sub>2</sub>O = 18 g/mol)

- A. 1 mol
- B. 2 mol
- C. 3 mol

D. 0.5 mol

**Jawaban: B**

3. **Bilangan Avogadro adalah...**

A.  $6.022 \times 10^{22}$

B.  $6.022 \times 10^{23}$

C.  $6.022 \times 10^{24}$

D.  $6.022 \times 10^{21}$

**Jawaban: B**

4. **Massa molar NaCl adalah...**

A. 23 g/mol

B. 58.5 g/mol

C. 35.5 g/mol

D. 46 g/mol

**Jawaban: B**

5. **Hukum kekekalan massa ditemukan oleh...**

A. Dalton

B. Lavoisier

C. Avogadro

D. Proust

**Jawaban: B**

6. **Jika 2 mol  $H_2$  bereaksi dengan  $O_2$ , berapa mol air yang dihasilkan?**

A. 1 mol

B. 2 mol

C. 3 mol

D. 4 mol

**Jawaban: B**

7. **Berapa massa 1 mol karbon dioksida ( $CO_2$ )? (Ar C = 12, Ar O = 16)**

A. 44 g

B. 32 g

C. 16 g

D. 28 g

**Jawaban: A**

8. **Jumlah mol gas pada STP dalam 22.4 liter adalah...**

A. 1 mol

B. 2 mol

C. 0.5 mol

D. 22.4 mol

**Jawaban: A**

9. **Rumus kimia air adalah...**

A.  $\text{H}_2\text{O}$

B.  $\text{H}_2\text{O}_2$

C.  $\text{O}_2$

D.  $\text{H}_2$

**Jawaban: A**

10. **Massa molar  $\text{H}_2\text{O}$  adalah...**

A. 12 g/mol

B. 16 g/mol

C. 18 g/mol

D. 20 g/mol

**Jawaban: C**

## 7. Kestimbangan

Kestimbangan dinamis adalah kondisi di mana laju reaksi maju sama dengan laju reaksi balik. Pada titik ini, konsentrasi reaktan dan produk tetap konstan.

### Konstanta Kestimbangan ( $K_c$ dan $K_p$ )

Konstanta kestimbangan adalah perbandingan konsentrasi produk terhadap konsentrasi reaktan yang dinaikkan pada pangkat koefisien reaksinya.  $K_c$  dihitung dari konsentrasi molar, sedangkan  $K_p$  dihitung dari tekanan parsial gas.

### Prinsip Le Chatelier

Prinsip Le Chatelier menyatakan bahwa jika suatu sistem kestimbangan terganggu, maka sistem akan bergeser ke arah yang mengurangi efek gangguan tersebut.

### Latihan Soal

1. Kestimbangan kimia tercapai ketika...
  - A. Semua reaktan habis.
  - B. Laju reaksi maju sama dengan laju reaksi balik.
  - C. Produk reaksi melebihi reaktan.
  - D. Reaksi terhenti sepenuhnya.

Jawaban: B

2. Konstanta kestimbangan ( $K_c$ ) dihitung dari...
  - A. Konsentrasi produk dibagi reaktan.
  - B. Tekanan parsial produk dibagi reaktan.
  - C. Jumlah mol reaktan.
  - D. Volume reaksi.

Jawaban: A

3. Prinsip Le Chatelier menyatakan bahwa...
  - A. Sistem tetap tidak berubah jika terjadi gangguan.
  - B. Sistem menyesuaikan diri untuk melawan perubahan yang dikenakan.
  - C. Reaksi selalu bergeser ke kanan.
  - D. Reaksi selalu bergeser ke kiri.

Jawaban: B

4. Jika konsentrasi reaktan dinaikkan, kesetimbangan akan bergeser ke...
- A. Kanan
  - B. Kiri
  - C. Tidak berubah
  - D. Tidak pasti

Jawaban: A

5. Perubahan tekanan hanya mempengaruhi kesetimbangan yang melibatkan...
- A. Zat cair
  - B. Gas
  - C. Zat padat
  - D. Semua jenis zat

Jawaban: B

6. Jika reaksi eksoterm dipanaskan, kesetimbangan bergeser ke...
- A. Kanan
  - B. Kiri
  - C. Tidak berubah
  - D. Kedua arah

Jawaban: B

7. Ketika produk dihilangkan dari sistem kesetimbangan, maka...
- A. Kesetimbangan bergeser ke kanan.
  - B. Kesetimbangan bergeser ke kiri.
  - C. Tidak ada perubahan.
  - D. Reaksi berhenti.

Jawaban: A

8. Jika volume sistem kesetimbangan diturunkan, kesetimbangan bergeser ke...
- A. Arah yang menghasilkan gas lebih sedikit.
  - B. Arah yang menghasilkan gas lebih banyak.
  - C. Arah yang menghasilkan zat cair.
  - D. Tidak berubah.

Jawaban: A

9. Reaksi endoterm akan bergeser ke kanan jika...

- A. Suhu dinaikkan
- B. Suhu diturunkan
- C. Tekanan dinaikkan
- D. Konsentrasi reaktan dikurangi

Jawaban: A

10. Kesetimbangan kimia bersifat...

- A. Dinamis
- B. Statis
- C. Tidak dapat diubah
- D. Tetap

Jawaban: A

## 8. Teori Asam dan Basa

### A. Teori Arrhenius:

- **Asam** adalah zat yang menghasilkan ion hidrogen ( $H^+$ ) atau proton saat dilarutkan dalam air.
- **Basa** adalah zat yang menghasilkan ion hidroksida ( $OH^-$ ) saat dilarutkan dalam air.

Contoh:

- Asam:  $HCl \rightarrow H^+ + Cl^-$
- Basa:  $NaOH \rightarrow Na^+ + OH^-$

### B. Teori Bronsted-Lowry:

- **Asam** adalah donor proton ( $H^+$ ).
- **Basa** adalah akseptor proton.

Contoh: Dalam reaksi  $NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$ ,  $H_2O$  bertindak sebagai asam (donor proton), dan  $NH_3$  bertindak sebagai basa (akseptor proton).

### C. Teori Lewis:

- **Asam** adalah akseptor pasangan elektron.
- **Basa** adalah donor pasangan elektron.

Contoh:  $BF_3$  (asam Lewis) menerima pasangan elektron dari  $NH_3$  (basa Lewis).

### D. pH dan pOH

pH adalah ukuran keasaman atau konsentrasi ion hidrogen dalam larutan, dinyatakan dengan rumus:  $pH = -\log [H^+]$

pOH adalah ukuran kebasaan atau konsentrasi ion hidroksida dalam larutan,

dinyatakan dengan rumus:  $pOH = -\log [OH^-]$

Hubungan antara pH dan pOH:  $pH + pOH = 14$  Pada suhu  $25^\circ C$ , pH dan pOH saling melengkapi.  $pH < 7$  menunjukkan larutan asam, sedangkan  $pH > 7$  menunjukkan larutan basa.

### E. Titrasi Asam-Basa

**Titration asam-basa** adalah metode untuk menentukan konsentrasi asam atau basa dalam larutan dengan menggunakan larutan standar yang konsentrasinya diketahui.

Titik ekuivalen terjadi ketika jumlah mol asam sama dengan jumlah mol basa dalam reaksi, dan indikator pH digunakan untuk mendeteksi perubahan warna yang menandakan titik ekuivalen.

#### **F. Larutan Penyangga (Buffer)**

**Larutan penyangga** adalah larutan yang dapat mempertahankan pH stabil meskipun ditambahkan sejumlah kecil asam atau basa. Buffer umumnya terdiri dari pasangan asam lemah dan basa konjugatnya, atau basa lemah dan asam konjugatnya.

Contoh larutan penyangga:

- Buffer asam:  $\text{CH}_3\text{COOH}$  dan  $\text{CH}_3\text{COO}^-$
- Buffer basa:  $\text{NH}_4\text{OH}$  dan  $\text{NH}_4^+$

Buffer digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti dalam sistem biologis (darah) dan industri makanan.

#### **G. Kestimbangan Asam-Basa**

Kestimbangan asam-basa menggambarkan reaksi bolak-balik antara asam dan basa. Dalam reaksi kestimbangan, asam dan basa berada dalam kestimbangan dinamis, di mana laju reaksi maju dan balik seimbang.

#### **H. Konstanta kestimbangan asam-basa**

Konstanta kestimbangan asam-basa dinyatakan dalam konstanta disosiasi asam ( $K_a$ ) dan konstanta disosiasi basa ( $K_b$ ).

## Latihan Soal

1. Menurut teori Arrhenius, asam adalah zat yang...

- A. Menghasilkan ion  $H^+$  di dalam air
- B. Menghasilkan ion  $OH^-$  di dalam air
- C. Menyerap proton di dalam air
- D. Menghasilkan ion  $H_2$  di dalam air

**Jawaban: A**

2. Menurut teori Bronsted-Lowry, basa adalah...

- A. Donor elektron
- B. Akseptor proton
- C. Akseptor elektron
- D. Donor proton

**Jawaban: B**

3. Dalam teori Lewis, asam bertindak sebagai...

- A. Donor proton
- B. Donor elektron
- C. Akseptor pasangan elektron
- D. Akseptor proton

**Jawaban: C**

4. Jika pH larutan adalah 3, maka konsentrasi ion  $H^+$  adalah...

- A.  $1 \times 10^{-3}$  M
- B.  $1 \times 10^{-1}$  M
- C.  $1 \times 10^{-4}$  M
- D.  $1 \times 10^{-7}$  M

**Jawaban: A**

5. pH larutan dengan konsentrasi ion  $OH^-$  sebesar  $1 \times 10^{-2}$  M adalah...

- A. 2
- B. 12
- C. 4

D. 10

**Jawaban: B**

6. **Asam lemah adalah...**

- A. Asam yang terdisosiasi sempurna di dalam air
- B. Asam yang hanya terdisosiasi sebagian di dalam air
- C. Basa yang dapat berubah menjadi asam
- D. Asam yang tidak bereaksi dalam larutan

**Jawaban: B**

7. **Dalam reaksi  $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  bertindak sebagai...**

- A. Basa Bronsted-Lowry
- B. Asam Bronsted-Lowry
- C. Basa Lewis
- D. Asam Lewis

**Jawaban: B**

8. **Larutan penyangga (*buffer*) digunakan untuk...**

- A. Mengubah pH larutan dengan cepat
- B. Menjaga pH larutan tetap stabil
- C. Menurunkan pH larutan drastis
- D. Meningkatkan pH larutan tanpa batas

**Jawaban: B**

9. **Titik ekuivalen pada titrasi terjadi ketika...**

- A. Konsentrasi asam lebih besar daripada basa
- B. Konsentrasi basa lebih besar daripada asam
- C. Jumlah mol asam sama dengan jumlah mol basa
- D. pH larutan sama dengan 7

**Jawaban: C**

10. **Jika nilai  $K_a$  asam lemah sangat kecil, maka...**

- A. Asam tersebut sangat kuat
- B. Asam tersebut hanya terdisosiasi sebagian
- C. Basa konjugatnya sangat lemah

D. Asam tersebut tidak terdisosiasi sama sekali

**Jawaban: B**

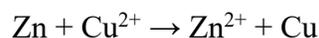
## 9. Reaksi Redoks

### A. Definisi Reaksi Redoks

**Reaksi Redoks** adalah singkatan dari reaksi **reduksi-oksidasi**. Reaksi ini melibatkan perpindahan elektron antara dua spesies kimia. Dalam reaksi redoks, ada dua proses yang terjadi secara bersamaan:

- **Oksidasi:** Proses di mana suatu zat kehilangan elektron, menyebabkan peningkatan bilangan oksidasi.
- **Reduksi:** Proses di mana suatu zat menerima elektron, menyebabkan penurunan bilangan oksidasi.

Contoh sederhana reaksi redoks:



Pada reaksi di atas:

- **Zn** mengalami oksidasi (kehilangan elektron), berubah dari Zn menjadi  $\text{Zn}^{2+}$ .
- **$\text{Cu}^{2+}$**  mengalami reduksi (menerima elektron), berubah menjadi Cu.

### B. Bilangan Oksidasi

**Bilangan oksidasi** (atau tingkat oksidasi) adalah angka yang digunakan untuk melacak distribusi elektron dalam suatu molekul atau ion. Ini adalah cara formal untuk menghitung elektron yang terlibat dalam reaksi redoks.

Aturan penting dalam menentukan bilangan oksidasi:

1. **Unsur bebas** (misalnya  $\text{H}_2$ ,  $\text{O}_2$ , Zn) memiliki bilangan oksidasi 0.
2. **Ion monoatom:** Bilangan oksidasi sama dengan muatan ion (misalnya,  $\text{Na}^+ = +1$ ,  $\text{Cl}^- = -1$ ).
3. **Oksigen** biasanya memiliki bilangan oksidasi -2, kecuali dalam peroksida ( $\text{O}_2^{2-}$ , di mana  $\text{O} = -1$ ).
4. **Hidrogen** biasanya memiliki bilangan oksidasi +1 kecuali ketika terikat pada logam dalam hidrida, seperti NaH ( $\text{H} = -1$ ).
5. **Jumlah bilangan oksidasi** semua atom dalam molekul netral adalah 0, sedangkan untuk ion, jumlah bilangan oksidasi sama dengan muatan ion.

**Contoh:** Pada senyawa  $\text{H}_2\text{SO}_4$ :

- $\text{H} = +1$

- O = -2
- Karena jumlah bilangan oksidasi total harus 0, bilangan oksidasi S harus +6.

### C. Menyetarakan Reaksi Redoks

Terdapat dua metode utama untuk menyetarakan reaksi redoks: **metode setengah reaksi** dan **metode bilangan oksidasi**.

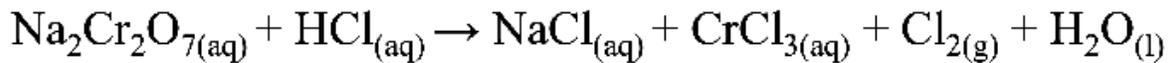
### D. Metode Setengah Reaksi

Metode setengah reaksi membagi reaksi redoks menjadi dua proses: **oksidasi** dan **reduksi**.

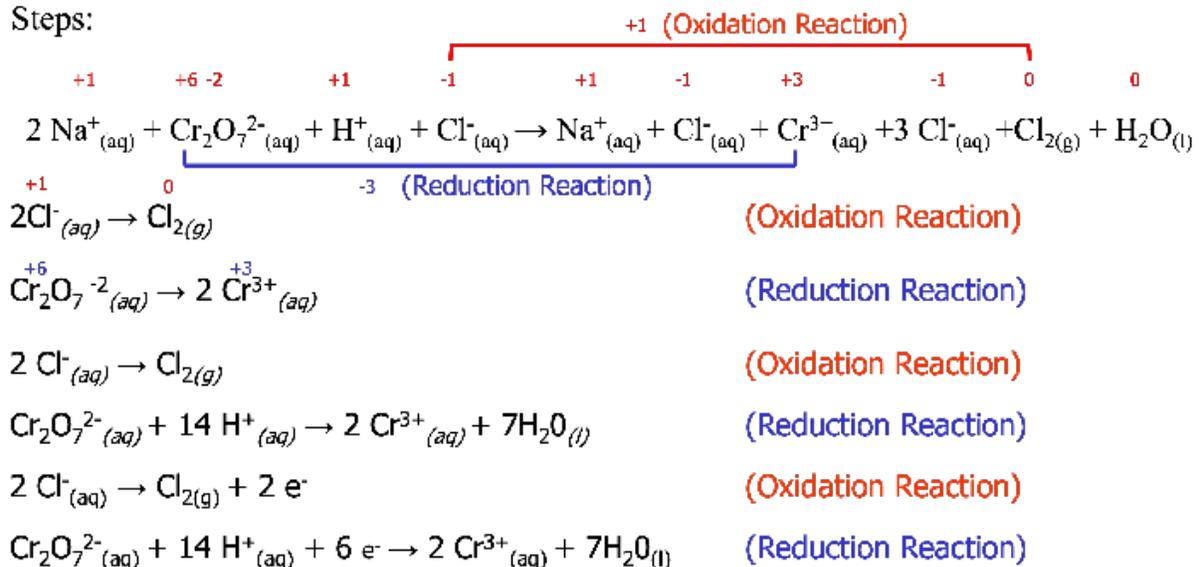
Langkah-langkah menyetarakan dengan metode ini adalah sebagai berikut:

1. **Pisahkan reaksi menjadi dua setengah reaksi:** satu untuk oksidasi dan satu untuk reduksi.
2. **Setarakan setiap setengah reaksi** berdasarkan atom selain H dan O.
3. **Setarakan atom O** dengan menambahkan molekul H<sub>2</sub>O.
4. **Setarakan atom H** dengan menambahkan ion H<sup>+</sup>.
5. **Setarakan muatan** dengan menambahkan elektron (e<sup>-</sup>).
6. **Gabungkan kedua setengah reaksi** sehingga jumlah elektron di kedua sisi sama.
7. Jika reaksi terjadi di lingkungan **basa**, tambahkan OH<sup>-</sup> untuk menetralkan H<sup>+</sup> yang ada.

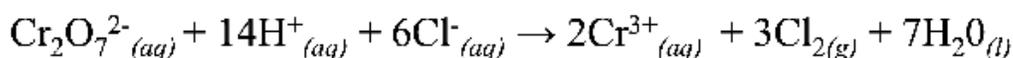
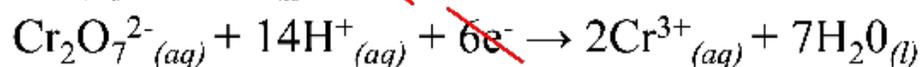
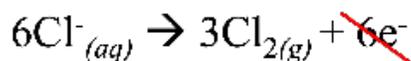
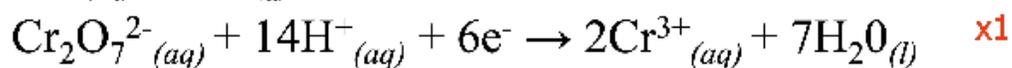
**Contoh:** Menyetarakan reaksi antara Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub><sup>2-</sup> dan Cl<sup>-</sup> dalam suasana asam:



Steps:



Oksidasi:

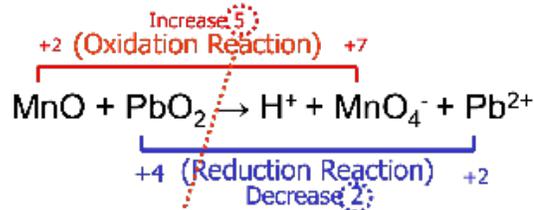
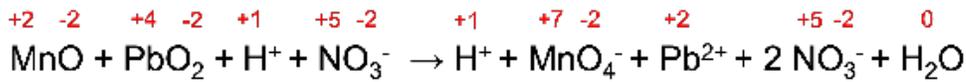
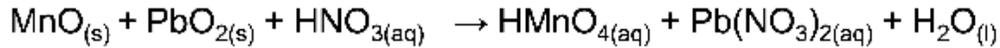


### E. Metode Bilangan Oksidasi

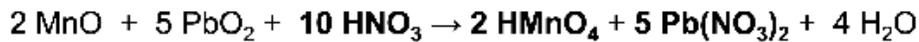
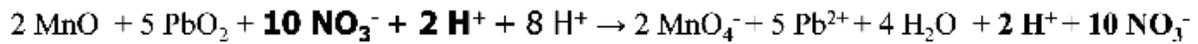
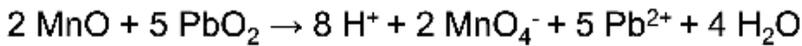
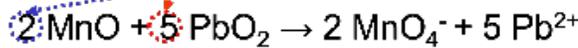
Metode bilangan oksidasi menyetarakan reaksi berdasarkan perubahan bilangan oksidasi dari atom-atom yang terlibat. Langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

1. **Tentukan bilangan oksidasi** dari setiap atom yang terlibat dalam reaksi.
2. **Identifikasi perubahan bilangan oksidasi:** Atom mana yang mengalami oksidasi (peningkatan bilangan oksidasi) dan atom mana yang mengalami reduksi (penurunan bilangan oksidasi).
3. **Setarakan perubahan bilangan oksidasi** dengan mengalikan koefisien sehingga jumlah elektron yang hilang dalam oksidasi sama dengan jumlah elektron yang diperoleh dalam reduksi.
4. **Setarakan sisa atom** (biasanya O dan H) dengan menambahkan  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{H}^+$ , atau  $\text{OH}^-$  tergantung pada kondisi reaksi (asam atau basa).

**Contoh:** Menyetarakan reaksi berikut menggunakan metode bilangan oksidasi:



\*In basic solution we add  $\text{OH}^-$  and  $\text{H}_2\text{O}$  instead of  $\text{H}_2\text{O}$  and  $\text{H}^+$  respectively



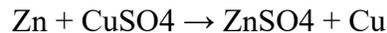
## 10. Elektrokimia

### A. Sel Volta (Sel Galvani)

Sel Volta adalah **sel elektrokimia** di mana energi kimia diubah menjadi energi listrik melalui reaksi redoks spontan. Sel Volta terdiri dari dua elektroda (anoda dan katoda) yang dicelupkan ke dalam larutan elektrolit, dan elektroda-elektroda tersebut dihubungkan oleh kawat penghantar eksternal.

- **Anoda:** Elektroda tempat terjadi oksidasi. Elektron mengalir keluar dari anoda.
- **Katoda:** Elektroda tempat terjadi reduksi. Elektron mengalir ke katoda.
- **Jembatan garam:** Menghubungkan kedua larutan elektrolit dan menjaga keseimbangan muatan ion di kedua kompartemen.

**Contoh:** Sel Daniell



- Zn adalah anoda dan mengalami oksidasi ( $\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^-$ ).
- $\text{Cu}^{2+}$  mengalami reduksi di katoda ( $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$ ).

### B. Sel Elektrolitik

Sel elektrolitik adalah kebalikan dari sel Volta. Ini adalah **sel elektrokimia** yang mengubah energi listrik menjadi energi kimia melalui reaksi redoks **tidak spontan**. Reaksi redoks terjadi karena adanya arus listrik yang dipasok dari sumber eksternal.

- **Anoda:** Elektroda tempat oksidasi terjadi, namun di sini anoda terhubung dengan kutub positif sumber listrik.
- **Katoda:** Elektroda tempat reduksi terjadi, terhubung dengan kutub negatif sumber listrik.

**Contoh:** Proses elektrolisis NaCl

- Di katoda:  $\text{Na}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Na}$
- Di anoda:  $2\text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2 + 2\text{e}^-$

### C. Potensial Sel

**Potensial sel** adalah perbedaan potensial listrik antara dua elektroda dalam sel elektrokimia. Potensial ini merupakan ukuran dari kemampuan sel untuk melakukan kerja listrik.

- Potensial sel bergantung pada jenis zat yang mengalami reaksi redoks, suhu, konsentrasi ion dalam larutan, dan tekanan.
- Potensial sel dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$E^{\text{sel}} = E^{\text{katoda}} - E^{\text{anoda}}$$

Jika  $E^{\text{sel}} > E^0$ , reaksi dalam sel berlangsung spontan (sel Volta), dan jika  $E^{\text{sel}} < E^0$ , reaksi tidak spontan (sel Elektrolitik).

#### D. Standar Half Potensial Sel

**Standar half potensial sel** adalah potensial elektroda standar ( $E^0$ ) dari suatu reaksi setengah sel pada kondisi standar, yaitu:

- Konsentrasi ion: 1 M
- Tekanan gas: 1 atm
- Suhu: 25°C (298 K)

Setengah reaksi ini dapat berupa reaksi reduksi atau oksidasi. Potensial standar selalu diberikan dalam bentuk reduksi. **Tabel potensial reduksi standar** digunakan untuk menentukan  $E^0$  dari berbagai zat.

#### Contoh:

- Potensial standar reduksi  $\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}$  adalah +0,34 V.
- Potensial standar reduksi  $\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}$  adalah -0,76 V.

#### E. Potensial Elektroda

**Potensial elektroda** adalah perbedaan potensial antara elektroda dan larutan elektrolit yang mengelilinginya. Potensial ini menunjukkan kecenderungan suatu elektroda untuk kehilangan atau mendapatkan elektron.

- Jika suatu elektroda cenderung kehilangan elektron, potensialnya negatif (oksidasi).
- Jika elektroda cenderung mendapatkan elektron, potensialnya positif (reduksi).

Potensial elektroda dapat diukur secara relatif terhadap elektroda referensi seperti **Elektroda Hidrogen Standar (SHE)**.

#### F. Notasi Sel

**Notasi sel** adalah cara penulisan reaksi elektrokimia yang menunjukkan setengah reaksi yang terjadi pada anoda dan katoda, serta aliran elektron. Notasi ini menggambarkan sel Volta.

- Komponen-komponen dalam sel dipisahkan oleh garis vertikal (|) untuk memisahkan fase yang berbeda.
- Jembatan garam ditunjukkan dengan dua garis vertikal (||).

**Contoh:** Sel Daniell



- Zn adalah anoda (oksidasi), Cu adalah katoda (reduksi).
- Larutan  $Zn^{2+}$  dan  $Cu^{2+}$  dipisahkan oleh jembatan garam.

### G. Potensial Standar Reduksi

**Potensial standar reduksi ( $E^0$ )** adalah potensial elektroda untuk setengah reaksi reduksi relatif terhadap **Elektroda Hidrogen Standar (SHE)**, yang didefinisikan memiliki potensial 0 V.

Setiap unsur memiliki kecenderungan berbeda untuk mengalami oksidasi atau reduksi, yang diukur melalui potensial standar reduksi.

- Zat dengan nilai  $E^0$  positif cenderung direduksi (misalnya,  $Cu^{2+} \rightarrow Cu$ ).
- Zat dengan nilai  $E^0$  negatif cenderung teroksidasi (misalnya,  $Zn \rightarrow Zn^{2+}$ ).

### H. Persamaan Nernst

**Persamaan Nernst** digunakan untuk menghitung potensial sel pada kondisi yang tidak standar (yaitu ketika konsentrasi ion, tekanan gas, atau suhu tidak dalam kondisi standar).

Persamaan Nernst:

$$E = E^0 - \frac{0.0592}{n} \log Q$$

- E adalah potensial sel pada kondisi yang tidak standar.
- $E^0$  adalah potensial sel standar.
- n adalah jumlah elektron yang terlibat dalam reaksi.
- Q adalah hasil bagi reaksi, dihitung dari konsentrasi produk dan reaktan.

**Contoh:** Untuk sel dengan 2 elektron yang terlibat dan konsentrasi ion 0,01 M, nilai potensial sel akan berubah sesuai dengan Persamaan Nernst.

### I. Hukum Faraday

**Hukum Faraday** menjelaskan hubungan antara jumlah listrik yang dialirkan dan jumlah zat yang terlibat dalam reaksi elektrolitik. Terdapat dua hukum Faraday:

- **Hukum Faraday pertama:** Massa zat yang dihasilkan pada elektroda selama elektrolisis sebanding dengan jumlah listrik yang dialirkan.
- **Hukum Faraday kedua:** Massa zat yang dihasilkan pada elektroda selama elektrolisis sebanding dengan massa ekuivalen zat tersebut.

Rumus dasar dari hukum Faraday:

$$M = \frac{Q \cdot M}{n \cdot F}$$

m: Massa zat yang dihasilkan.

Q: Muatan listrik (dalam Coulomb).

M: Massa molar zat.

n: Jumlah elektron yang terlibat dalam reaksi.

F: Konstanta Faraday (96485 C/mol e<sup>-</sup>).

### **Aplikasi Elektrokimia dalam Kehidupan Sehari-hari**

Elektrokimia memiliki berbagai aplikasi penting dalam kehidupan sehari-hari:

#### **Baterai dan Sel Bahan Bakar:**

- Baterai adalah sel volta yang mengubah energi kimia menjadi energi listrik. Contoh: baterai litium-ion dalam ponsel.
- Sel bahan bakar menggunakan hidrogen dan oksigen untuk menghasilkan listrik melalui reaksi redoks.

#### **Korosi:**

Korosi adalah proses oksidasi spontan pada logam yang menyebabkan degradasi. Elektrokimia dapat digunakan untuk melindungi logam dengan pelapisan katodik atau menggunakan inhibitor.

#### **Elektrolisis Air:**

Proses elektrolisis air menghasilkan hidrogen dan oksigen yang digunakan dalam industri energi terbarukan.

#### **Elektroplating:**

Proses di mana lapisan logam dideposisikan pada permukaan benda lain menggunakan arus listrik. Contoh: pelapisan nikel atau krom pada perhiasan.

#### **Produksi Kimia:**

Elektrolisis digunakan dalam pembuatan berbagai zat kimia penting, seperti produksi klorin dan natrium hidroksida dari garam meja (NaCl).

#### **Pemurnian Logam:**

Dalam proses pemurnian logam, elektrolisis digunakan untuk memurnikan logam seperti tembaga, aluminium, dan emas.

## 11. Kinetika Kimia

### Deskripsi Materi:

Kinetika kimia adalah cabang ilmu kimia yang mempelajari laju reaksi dan faktor-faktor yang mempengaruhinya. Dengan memahami kinetika kimia, kita dapat mengendalikan kecepatan reaksi, yang penting dalam proses industri, laboratorium, dan berbagai proses alami.

### A. Teori Tumbukan

#### Pengantar Teori Tumbukan

Teori tumbukan menyatakan bahwa reaksi kimia terjadi ketika partikel-partikel reaktan bertumbukan satu sama lain. Namun, tidak semua tumbukan menghasilkan reaksi kimia; hanya tumbukan efektif yang dapat menyebabkan reaksi.

#### Syarat Tumbukan Efektif

- **Energi Minimum (Energi Aktivasi,  $E_a$ ):** Partikel harus memiliki energi kinetik yang cukup untuk melewati penghalang energi aktivasi.
- **Orientasi yang Tepat:** Partikel harus bertumbukan dengan orientasi yang memungkinkan pembentukan ikatan baru.

#### Energi Aktivasi

Energi aktivasi adalah energi minimum yang diperlukan untuk memulai reaksi. Diagram energi potensial menunjukkan perubahan energi selama reaksi:

- **Reaktan:** Keadaan awal partikel sebelum reaksi.
- **Keadaan Transisi (Kompleks Aktif):** Keadaan energi tertinggi dalam perjalanan dari reaktan ke produk.
- **Produk:** Hasil akhir reaksi dengan energi lebih rendah atau lebih tinggi dari reaktan.

#### Faktor-faktor yang Mempengaruhi Laju Tumbukan

- **Konsentrasi Reaktan:** Peningkatan konsentrasi meningkatkan jumlah partikel per satuan volume, sehingga peluang tumbukan meningkat.
- **Suhu:** Peningkatan suhu meningkatkan energi kinetik partikel, meningkatkan frekuensi dan energi tumbukan.
- **Luas Permukaan:** Pada reaktan padat, peningkatan luas permukaan (misalnya dengan penghalusan) meningkatkan area kontak untuk tumbukan.
- **Katalis:** Menurunkan energi aktivasi dan meningkatkan jumlah tumbukan efektif.

## B. Hukum Laju Reaksi

### Definisi Laju Reaksi

Laju reaksi adalah perubahan konsentrasi reaktan atau produk per satuan waktu:

$$\text{Laju Reaksi} = - \frac{d[\text{Reaktan}]}{dt} = \frac{d[\text{Produk}]}{dt}$$

### Hukum Laju

Hukum laju menyatakan hubungan antara laju reaksi dengan konsentrasi reaktan:

$$\text{Laju} = k[\text{A}]^m[\text{B}]^n$$

k: Konstanta laju reaksi.

[A],[B]: Konsentrasi reaktan A dan B.

m,n: Orde reaksi terhadap A dan B.

### Orde Reaksi

Orde Total Reaksi: Jumlah dari orde masing-masing reaktan (m+n).

#### Menentukan Orde Reaksi:

- Eksperimental:** Melalui data percobaan dengan mengamati bagaimana laju reaksi berubah terhadap perubahan konsentrasi.
- Metode Kinetik Diferensial:** Menganalisis perubahan laju terhadap konsentrasi.
- Metode Waktu Paruh:** Mengamati bagaimana waktu paruh berubah dengan konsentrasi.

### Reaksi Orde Nol

Hukum Laju: Laju = k

#### Karakteristik:

- Laju reaksi konstan dan tidak bergantung pada konsentrasi reaktan.
- Grafik konsentrasi vs. waktu adalah garis lurus dengan kemiringan -k.

### Reaksi Orde Pertama

Hukum Laju: Laju = k[A]

#### Karakteristik:

- Laju reaksi sebanding dengan konsentrasi reaktan.

- Grafik  $\ln[A]$  vs. waktu adalah garis lurus dengan kemiringan  $-k$ .
- Waktu Paruh ( $t_{1/2}$ ): Konstan dan independen dari konsentrasi awal  $(t_{1/2}) = \frac{0.693}{k}$

### Reaksi Orde Kedua

Hukum Laju: Laju =  $k[A]^2$  atau Laju =  $k[A][B]$

#### Karakteristik:

- Laju reaksi sebanding dengan kuadrat konsentrasi satu reaktan atau hasil kali konsentrasi dua reaktan.
- Grafik  $1/[A]$  vs. waktu adalah garis lurus dengan kemiringan  $k$ .
- Waktu Paruh ( $t_{1/2}$ ): Berbanding terbalik dengan konsentrasi awal  $(t_{1/2}) = \frac{1}{k[A]_0}$

### Menentukan Orde Reaksi Secara Eksperimental

#### Metode Laju Awal:

- Melakukan serangkaian percobaan dengan variasi konsentrasi reaktan.
- Menghitung laju awal dan menentukan hubungan antara laju dan konsentrasi.

Contoh:

Jika menggandakan  $[A]$  menyebabkan laju menjadi empat kali lipat, reaksi terhadap A adalah orde kedua.

### C. Persamaan Arrhenius, Pengaruh Konsentrasi dan Suhu terhadap Laju Reaksi

#### Persamaan Arrhenius

Persamaan Arrhenius menunjukkan bagaimana konstanta laju reaksi ( $k$ ) bergantung pada suhu:

$$k = Ae^{-E_a/RT}$$

A: Faktor frekuensi atau faktor pre-eksponensial.

$E_a$ : Energi aktivasi (J/mol).

R: Konstanta gas ideal (8.314 J/mol·K).

T: Suhu absolut (Kelvin).

#### Interpretasi Persamaan Arrhenius

- Faktor Frekuensi (A): Mewakili frekuensi tumbukan dengan orientasi yang tepat.

- Eksponen ( $e^{-E_a/RT}$ ): Mewakili fraksi molekul dengan energi kinetik yang cukup untuk bereaksi.

### Grafik Arrhenius

Dengan mengambil logaritma natural:

$$\ln k = \ln A - \frac{E_a}{R} \cdot \frac{1}{T}$$

Grafik  $\ln k$  vs.  $1/T$  adalah garis lurus dengan kemiringan  $-\frac{E_a}{R}$

Dari kemiringan,  $E_a$  dapat dihitung.

### Pengaruh Konsentrasi

- **Konsentrasi Reaktan:** Peningkatan konsentrasi meningkatkan jumlah tumbukan per satuan waktu, sehingga laju reaksi meningkat.
- **Hubungan dengan Hukum Laju:** Laju reaksi berbanding lurus dengan konsentrasi reaktan sesuai dengan orde reaksinya.

### Pengaruh Suhu

- **Energi Kinetik Molekul:** Suhu yang lebih tinggi meningkatkan energi kinetik rata-rata molekul.
- **Distribusi Maxwell-Boltzmann:** Menunjukkan bahwa pada suhu lebih tinggi, lebih banyak molekul memiliki energi melebihi  $E_a$ .
- **Peningkatan Laju Reaksi:** Umumnya, laju reaksi meningkat 2-3 kali lipat untuk setiap kenaikan suhu  $10^\circ\text{C}$ .

## D. Mekanisme Reaksi

### Pengertian Mekanisme Reaksi

Mekanisme reaksi adalah serangkaian langkah-langkah elementer yang menjelaskan bagaimana reaksi berlangsung dari reaktan menjadi produk.

### Langkah-langkah Elementer

- **Langkah Elementer:** Proses tunggal yang melibatkan satu atau beberapa molekul.
- **Molekularitas:** Jumlah partikel yang terlibat dalam langkah elementer.
  - **Unimolekuler:** Satu molekul terurai atau berubah.
  - **Bimolekuler:** Dua molekul bertumbukan.
  - **Termolekuler:** Tiga molekul bertumbukan (jarang terjadi).

### Langkah Penentu Laju (Rate-Determining Step)

- Langkah paling lambat dalam mekanisme reaksi yang membatasi laju keseluruhan reaksi.
- Orde reaksi seringkali ditentukan oleh stoikiometri langkah penentu laju.

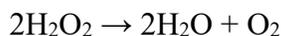
### Intermediet dan Katalis dalam Mekanisme

- **Intermediet:**
  - Spesies yang terbentuk dalam satu langkah dan dikonsumsi dalam langkah berikutnya.
  - Tidak muncul dalam persamaan reaksi keseluruhan.
- **Katalis:**
  - Spesies yang mempercepat reaksi.
  - Dimasukkan dalam langkah awal dan diregenerasi pada langkah selanjutnya.

### Contoh Mekanisme Reaksi

#### Reaksi Dekomposisi Hidrogen Peroksida (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>):

- **Reaksi Keseluruhan:**



- **Mekanisme:**
  1.  $\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}$  (Langkah lambat)
  2.  $\text{O} + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$  (Langkah cepat)
- **Intermediet:** Atom oksigen (O)

## E. Katalis

### Pengertian Katalis

Katalis adalah zat yang mempercepat laju reaksi dengan menyediakan jalur reaksi alternatif dengan energi aktivasi lebih rendah, tanpa mengalami perubahan permanen.

### Jenis Katalis

- **Katalis Homogen:**
  - Fase yang sama dengan reaktan (misalnya, semua dalam fase cair).
  - **Contoh:** Asam sulfat dalam esterifikasi.
- **Katalis Heterogen:**
  - Fase berbeda dari reaktan.
  - **Contoh:** Logam platina dalam konverter katalitik.
- **Biokatalis (Enzim):**

- Protein yang berfungsi sebagai katalis dalam sistem biologis.
- Sangat spesifik terhadap substrat tertentu.

### Cara Kerja Katalis

- **Menurunkan Energi Aktivasi ( $E_a$ ):**
  - Dengan menyediakan jalur reaksi alternatif.
  - **Diagram Energi:**
    - Katalis menurunkan puncak energi aktivasi tanpa mengubah energi reaktan dan produk.
- **Meningkatkan Frekuensi Tumbukan Efektif:**
  - Dengan meningkatkan probabilitas orientasi yang tepat.
  - Dalam katalis heterogen, menyediakan permukaan untuk adsorpsi reaktan.

### Pengaruh Katalis pada Kesetimbangan

- Katalis tidak menggeser posisi kesetimbangan.
- Mempercepat pencapaian kesetimbangan dengan mempercepat laju reaksi maju dan balik secara setara.

### Aplikasi Katalis

- **Industri Kimia:**
  - **Proses Haber-Bosch:** Sintesis amonia menggunakan katalis besi.
  - **Proses Kontak:** Produksi asam sulfat menggunakan katalis vanadium(V) oksida.
- **Lingkungan:**
  - **Konverter Katalitik:** Mengurangi emisi gas berbahaya dari kendaraan bermotor.
- **Biologi:**
  - **Enzim:** Mengkatalisis reaksi metabolisme dalam organisme hidup.

### Latihan Soal:

1. Suatu reaksi kimia berlangsung ketika terjadi tumbukan antara molekul-molekul reaktan. Berdasarkan **teori tumbukan**, syarat agar tumbukan tersebut efektif adalah...
  - A. Konsentrasi reaktan harus sangat rendah
  - B. Partikel harus bertumbukan dengan energi dan orientasi yang tepat
  - C. Laju reaksi harus lebih besar dari energi aktivasi
  - D. Tumbukan harus terjadi dalam keadaan gas

**Kunci Jawaban: B**

2. Jika suatu reaksi kimia mengikuti hukum laju reaksi dengan bentuk  $Laju = k[A]^2[B]$ , maka orde total reaksi adalah...
- A. 2
  - B. 3
  - C. 4
  - D. 1

**Kunci Jawaban: B**

3. Jika konsentrasi suatu reaktan dalam reaksi orde **pertama** digandakan, bagaimana perubahan pada laju reaksi?
- A. Laju reaksi tetap
  - B. Laju reaksi berlipat dua
  - C. Laju reaksi berlipat empat
  - D. Laju reaksi berkurang setengah

**Kunci Jawaban: B**

4. Suatu reaksi kimia berlangsung dengan hukum laju  $Laju = k[A]$ . Pada reaksi ini, grafik yang akan membentuk garis lurus adalah...
- A.  $[A]$  vs. waktu
  - B.  $\ln[A]$  vs. waktu
  - C.  $1/[A]$  vs. waktu
  - D.  $[A]^2$  vs. waktu

**Kunci Jawaban: B**

5. Reaksi dekomposisi suatu zat berlangsung dengan laju reaksi konstan yang **tidak bergantung pada konsentrasi reaktan**. Reaksi ini adalah reaksi orde...

- A. Nol
- B. Pertama
- C. Kedua
- D. Ketiga

**Kunci Jawaban: A**

6. Energi aktivasi ( $E_a$ ) suatu reaksi adalah...
- A. Energi maksimum yang dimiliki molekul
  - B. Energi minimum yang diperlukan untuk memulai reaksi
  - C. Energi yang dilepaskan selama reaksi
  - D. Energi kinetik rata-rata dari semua molekul reaktan

**Kunci Jawaban: B**

7. Menurut persamaan Arrhenius, bagaimana konstanta laju reaksi kkk dipengaruhi oleh suhu?
- A. k berkurang saat suhu naik
  - B. k meningkat saat suhu naik
  - C. k konstan tidak peduli perubahan suhu
  - D. k berkurang saat konsentrasi reaktan meningkat

**Kunci Jawaban: B**

8. Jika suatu reaksi orde kedua memiliki hukum laju  $Laju = k[A]^2$ , dan konsentrasi  $[A]$  diturunkan separuh, maka laju reaksinya akan...
- A. Tidak berubah
  - B. Berkurang setengah
  - C. Berkurang seperempat
  - D. Berlipat dua

**Kunci Jawaban: C**

9. **Katalis** dalam suatu reaksi kimia berfungsi untuk...

- A. Mengubah energi produk reaksi
- B. Mengurangi energi aktivasi reaksi
- C. Mengubah jumlah molekul reaktan
- D. Meningkatkan energi aktivasi reaksi

**Kunci Jawaban: B**

10. Mekanisme reaksi terdiri dari beberapa langkah elementer. Langkah yang **paling lambat** dalam mekanisme reaksi disebut...

- A. Langkah penentu laju
- B. Langkah eksergonik
- C. Langkah eksoterm
- D. Langkah katalitik

**Kunci Jawaban: A**

### **Daftar Pustaka**

- Atkins, P., & de Paula, J. (2014). *Physical Chemistry* (10th ed.). Oxford University Press.
- Chang, R., & Goldsby, K. (2016). *Chemistry* (12th ed.). McGraw-Hill Education.
- Laidler, K. J. (1997). *Chemical Kinetics* (3rd ed.). Pearson Education.
- House, J. E. (2007). *Principles of Chemical Kinetics* (2nd ed.). Academic Press.
- Levine, I. N. (2014). *Physical Chemistry* (6th ed.). McGraw-Hill.
- Petrucci, R. H., Harwood, W. S., Herring, F. G., & Madura, J. D. (2017). *General Chemistry: Principles and Modern Applications* (11th ed.). Pearson.
- Steinfeld, J. I., Francisco, J. S., & Hase, W. L. (1999). *Chemical Kinetics and Dynamics* (2nd ed.). Prentice Hall.

## 12. Termokimia

### Definisi

Termokimia adalah cabang ilmu kimia yang mempelajari hubungan antara perubahan energi, terutama energi kalor, yang menyertai reaksi kimia. Dalam termokimia, energi yang terlibat dalam reaksi kimia diukur dan dihubungkan dengan struktur serta ikatan dalam senyawa kimia.

### A. Hukum Pertama Termodinamika

Hukum Pertama Termodinamika menyatakan bahwa energi dalam alam semesta bersifat kekal; energi tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan, hanya dapat diubah bentuknya. Hukum ini biasanya dinyatakan dalam bentuk:

$$\Delta U = q + W$$

$\Delta U$  = Perubahan energi dalam sistem

$q$  = Kalor yang ditambahkan ke sistem

$W$  = Kerja yang dilakukan sistem atau pada sistem

Hukum ini berlaku untuk semua sistem termodinamika, baik itu reaksi kimia maupun perubahan fisik.

### B. Entalpi Reaksi

Entalpi ( $H$ ) adalah besaran termodinamika yang digunakan untuk mengukur jumlah energi panas dalam suatu sistem pada tekanan konstan. Perubahan entalpi ( $\Delta H$ ) sering digunakan untuk menggambarkan apakah reaksi kimia melepaskan atau menyerap panas.

$$\Delta H = H_{\text{produk}} - H_{\text{reaktan}}$$

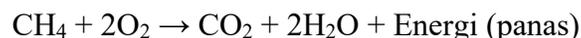
$\Delta H < 0$ : Reaksi eksoterm (melepas panas)

$\Delta H > 0$ : Reaksi endoterm (menyerap panas)

Entalpi adalah besaran yang berguna untuk memahami panas yang terlibat dalam reaksi kimia pada tekanan tetap.

### C. Reaksi Eksoterm dan Endoterm

- **Reaksi Eksoterm:** Reaksi yang melepaskan energi panas ke lingkungan, sehingga produk memiliki energi lebih rendah daripada reaktan. Contohnya adalah pembakaran.



- **Reaksi Endoterm:** Reaksi yang menyerap energi panas dari lingkungan, sehingga produk memiliki energi lebih tinggi daripada reaktan. Contohnya adalah dekomposisi kalsium karbonat.



#### D. Kalorimeter

Kalorimeter adalah alat yang digunakan untuk mengukur jumlah panas yang diserap atau dilepaskan selama reaksi kimia atau perubahan fisik. Ada dua jenis kalorimeter yang sering digunakan:

1. **Kalorimeter sederhana:** Mengukur perubahan panas dalam larutan pada tekanan konstan.
2. **Kalorimeter bom:** Digunakan untuk mengukur perubahan panas pada volume konstan, biasanya untuk reaksi pembakaran.

Rumus dasar dalam kalorimetri:

$$q = m \times c \times \Delta T$$

**q** = kalor (joule)

**m** = massa zat (gram)

**c** = kapasitas panas spesifik zat (J/g°C)

**ΔT** = perubahan suhu (°C)

#### E. Energi Ikatan

Energi ikatan adalah energi yang diperlukan untuk memutuskan ikatan dalam satu mol molekul di fase gas. Semakin kuat ikatan antara dua atom, semakin besar energi yang diperlukan untuk memutuskan ikatan tersebut. Energi ikatan sering digunakan untuk menghitung energi total yang diperlukan atau dilepaskan dalam reaksi kimia.

$$\Delta H_{\text{reaksi}} = \sum E_{\text{ikatan terputus}} - \sum E_{\text{ikatan terbentuk}}$$

## Latihan Soal

**1. Hukum Pertama Termodinamika menyatakan bahwa...**

- A. Energi dapat diciptakan dan dimusnahkan
- B. Energi hanya dapat diubah bentuknya
- C. Entalpi reaksi selalu konstan
- D. Volume gas selalu tetap

**Kunci Jawaban: B**

**2. Jika suatu reaksi kimia berlangsung dengan  $\Delta H = -200\text{kJ/mol}$ , maka reaksi ini adalah...**

- A. Endoterm
- B. Eksoterm
- C. Isoterm
- D. Adiabatik

**Kunci Jawaban: B**

**3. Alat yang digunakan untuk mengukur kalor yang dilepaskan atau diserap dalam suatu reaksi adalah...**

- A. Termometer
- B. Kalorimeter
- C. Manometer
- D. Spektrometer

**Kunci Jawaban: B**

**4. Jika panas diserap oleh sistem dalam suatu reaksi kimia, maka reaksi tersebut disebut...**

- A. Reaksi eksoterm
- B. Reaksi endoterm
- C. Reaksi spontan
- D. Reaksi isotonik

**Kunci Jawaban: B**

**5. Rumus untuk menghitung kalor dalam kalorimeter adalah...**

- A.  $q = m \times c \times \Delta T$
- B.  $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$
- C.  $PV = nRT$
- D.  $q = n \times C_p \times T$

**Kunci Jawaban: A**

**6. Reaksi pembakaran metana  $CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$  merupakan contoh reaksi...**

- A. Endoterm
- B. Eksoterm
- C. Adiabatik
- D. Spontan

**Kunci Jawaban: B**

**7. Entalpi standar pembentukan adalah perubahan entalpi ketika...**

- A. Satu mol senyawa terbentuk dari unsur-unsurnya dalam keadaan standar
- B. Satu mol reaktan habis bereaksi
- C. Suhu reaksi diukur pada  $25^\circ C$
- D. Reaksi berlangsung tanpa kalor

**Kunci Jawaban: A**

**8. Kalorimeter bom digunakan untuk mengukur kalor reaksi pada...**

- A. Suhu konstan
- B. Volume konstan
- C. Tekanan konstan
- D. Tekanan dan suhu konstan

**Kunci Jawaban: B**

**9. Energi yang diperlukan untuk memutuskan ikatan dalam satu mol molekul disebut...**

- A. Energi aktivasi
- B. Energi potensial
- C. Energi ikatan

D. Energi ionisasi

**Kunci Jawaban: C**

**10. Hukum pertama termodinamika berhubungan dengan konsep...**

A. Kalorimeter

B. Kekekalan energi

C. Penurunan entalpi

D. Energi ikatan

**Kunci Jawaban: B**

### **Daftar Pustaka**

Atkins, P., & de Paula, J. (2014). *Physical Chemistry* (10th ed.). Oxford University Press.

Chang, R., & Goldsby, K. (2016). *Chemistry* (12th ed.). McGraw-Hill Education.

Laidler, K. J. (1997). *Chemical Kinetics* (3rd ed.). Pearson Education.

House, J. E. (2007). *Principles of Chemical Kinetics* (2nd ed.). Academic Press.

Levine, I. N. (2014). *Physical Chemistry* (6th ed.). McGraw-Hill.

Petrucci, R. H., Harwood, W. S., Herring, F. G., & Madura, J. D. (2017). *General Chemistry: Principles and Modern Applications* (11th ed.). Pearson.

Steinfeld, J. I., Francisco, J. S., & Hase, W. L. (1999). *Chemical Kinetics and Dynamics* (2nd ed.). Prentice Hall.

## 13. Termodinamika

### A. Definisi

Termodinamika adalah cabang ilmu fisika yang mempelajari energi dan perpindahan panas serta bagaimana energi tersebut dapat berubah menjadi bentuk lain dalam sistem-sistem yang berbeda. Termodinamika memiliki hukum-hukum dasar yang membantu kita memahami proses yang terjadi di alam dan di laboratorium.

### B. Hukum Kedua Termodinamika

Hukum Kedua Termodinamika berhubungan dengan arah alami proses dan menyatakan bahwa dalam proses spontan, entropi total sistem dan lingkungannya selalu bertambah. Hukum ini sering diungkapkan dengan dua cara:

1. **Proses alami mengarah pada peningkatan entropi:** Dalam suatu sistem yang tertutup, proses spontan selalu terjadi dalam arah yang meningkatkan entropi total sistem dan lingkungannya.

$$\Delta S_{\text{total}} = \Delta S_{\text{sistem}} + \Delta S_{\text{lingkungan}} > 0$$

2. **Efisiensi mesin tidak dapat mencapai 100%:** Tidak ada mesin yang dapat beroperasi dengan efisiensi sempurna, dan selalu ada kehilangan energi dalam bentuk panas ke lingkungan.

### B. Entropi dan Energi Bebas Gibbs

- **Entropi (S):** Entropi adalah ukuran dari ketidakteraturan atau jumlah kemungkinan susunan mikroskopik yang dimiliki oleh sistem. Semakin tinggi entropi, semakin tidak teratur sistem tersebut.
- **Energi Bebas Gibbs (G):** Energi Bebas Gibbs adalah besaran termodinamika yang mengukur potensi sistem untuk melakukan kerja. Perubahan energi bebas Gibbs  $\Delta G$  digunakan untuk memprediksi apakah suatu reaksi terjadi secara spontan.

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

Jika  $\Delta G < 0$ , reaksi bersifat spontan.

Jika  $\Delta G > 0$ , reaksi tidak spontan.

Jika  $\Delta G = 0$ , sistem berada dalam keadaan kesetimbangan.

### C. Hukum Ketiga Termodinamika

Hukum Ketiga Termodinamika menyatakan bahwa entropi suatu zat murni pada suhu 0 Kelvin (nol mutlak) adalah nol. Ini berarti bahwa pada suhu 0 Kelvin, tidak ada pergerakan molekul, dan zat berada dalam keadaan paling teratur.

$$S = 0 \text{ pada } T = 0 \text{ K}$$

Hukum Ketiga Termodinamika membantu dalam menghitung entropi absolut suatu zat pada suhu tertentu.

### D. Cara Menghitung Entropi (S)

**Entropi (S)** adalah ukuran ketidakteraturan suatu sistem dan dapat dihitung menggunakan beberapa metode, tergantung pada kondisi sistem:

#### Perubahan Entropi dalam Reaksi Kimia

Perubahan entropi ( $\Delta S$ ) dalam suatu reaksi kimia dapat dihitung dengan rumus:

$$\Delta S_{\text{reaksi}} = \sum(S_{\square\text{produk}}) - \sum(S_{\square\text{reaktan}})$$

$S_{\square\text{produk}}$  dan  $S_{\square\text{reaktan}}$  adalah entropi standar (dalam satuan  $\text{J/mol}\cdot\text{K}$ ) untuk produk dan reaktan yang terdapat di tabel termodinamika.

#### Perubahan Entropi dalam Proses Fisik

Perubahan entropi juga dapat dihitung berdasarkan perubahan panas yang diterima atau dilepaskan oleh sistem pada suhu konstan:

$$\Delta S = \frac{q_{\text{rev}}}{T}$$

$q_{\text{rev}}$  adalah panas reversibel yang ditambahkan ke sistem.

$T$  adalah suhu mutlak (dalam Kelvin).

#### Perubahan Entropi untuk Gas Ideal

Untuk proses isothermal (suhu konstan) pada gas ideal, entropi dapat dihitung dengan rumus:

$$\Delta S = n R \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$$

atau

$$\Delta S = n R \ln\left(\frac{P_2}{P_1}\right)$$

n adalah jumlah mol gas.

R adalah konstanta gas (8.314 J/mol·K).

V1 dan V2 adalah volume awal dan akhir gas.

P1 dan P2 adalah tekanan awal dan akhir gas.

### E. Perhitungan Energi Bebas Gibbs Standar ( $\Delta G^\circ$ ) dari Energi Bebas Pembentukan

Untuk reaksi kimia, perubahan energi bebas Gibbs standar dapat dihitung dari energi bebas pembentukan standar ( $\Delta G_f^\circ$ ) dari produk dan reaktan:

$$\Delta G^\circ_{\text{reaksi}} = \sum(\Delta G_f^\circ_{\text{produk}}) - \sum(\Delta G_f^\circ_{\text{reaktan}})$$

$\Delta G_f^\circ$  adalah energi bebas pembentukan standar zat-zat pada reaksi tersebut (dalam satuan kJ/mol), yang dapat ditemukan di tabel termodinamika.

### G. Persamaan Gibbs untuk Reaksi Kestimbangan

Jika reaksi berada dalam kestimbangan, hubungan antara energi bebas Gibbs standar ( $\Delta G^\circ$ ) dan konstanta kestimbangan (K) diberikan oleh:

$$\Delta G^\circ = -RT \ln K$$

R adalah konstanta gas (8.314 J/mol·K).

T adalah suhu dalam Kelvin.

K adalah konstanta kestimbangan.

Jika  $K > 1$ , reaksi cenderung menuju produk, sedangkan jika  $K < 1$ , reaksi cenderung menuju reaktan.

### H. Keseimbangan Termodinamika

Keseimbangan termodinamika terjadi ketika suatu sistem tidak mengalami perubahan lebih lanjut dalam sifat-sifat makroskopiknya seperti tekanan, suhu, dan energi. Ada tiga jenis keseimbangan yang diperlukan untuk mencapai kestimbangan termodinamika:

1. **Keseimbangan mekanis:** Tidak ada perubahan tekanan dalam sistem.
2. **Keseimbangan termal:** Tidak ada perubahan suhu dalam sistem.
3. **Keseimbangan materi atau kimia:** Tidak ada reaksi kimia atau perubahan fasa yang terjadi.

## I. Transformasi Energi

Transformasi energi adalah perubahan energi dari satu bentuk ke bentuk lain, seperti energi panas menjadi energi mekanik, energi kimia menjadi energi listrik, dan sebagainya. Proses transformasi energi sering dijelaskan melalui mesin kalor yang menerapkan hukum-hukum termodinamika.

Dalam konteks termodinamika:

- **Efisiensi termal** ( $\eta$ ) mesin kalor dirumuskan sebagai perbandingan antara kerja yang dihasilkan oleh mesin dengan energi panas yang masuk:

$$\eta = \frac{W}{Q_{masuk}} \times 100\%$$

- Mesin tidak dapat memiliki efisiensi 100% karena sebagian energi akan selalu hilang sebagai panas ke lingkungan (sesuai dengan Hukum Kedua Termodinamika).

## Latihan Soal

### 1. Hukum Kedua Termodinamika menyatakan bahwa...

- A. Entropi sistem selalu berkurang
- B. Entropi sistem selalu bertambah
- C. Entropi total alam semesta selalu bertambah dalam proses spontan
- D. Energi bebas Gibbs selalu bertambah dalam reaksi spontan

**Kunci Jawaban: C**

### 2. Perubahan entropi ( $\Delta S$ ) yang positif pada reaksi kimia menunjukkan...

- A. Penurunan dalam ketidakteraturan sistem
- B. Sistem menjadi lebih teratur
- C. Sistem menjadi lebih tidak teratur
- D. Tidak ada perubahan dalam sistem

**Kunci Jawaban: C**

### 3. Jika perubahan energi bebas Gibbs ( $\Delta G$ ) suatu reaksi negatif, maka reaksi tersebut...

- A. Tidak terjadi
- B. Tidak spontan
- C. Spontan
- D. Reversible

**Kunci Jawaban: C**

### 4. Pada suhu 0 Kelvin, berdasarkan Hukum Ketiga Termodinamika, entropi suatu zat...

- A. Maksimum
- B. Nol
- C. Tak terhingga
- D. Negatif

**Kunci Jawaban: B**

**5. Hukum Kedua Termodinamika menyatakan bahwa tidak ada mesin yang...**

- A. Dapat beroperasi pada suhu di bawah 0 Kelvin
- B. Dapat mengubah semua panas menjadi kerja tanpa kehilangan
- C. Dapat menyerap panas dari lingkungan
- D. Dapat bekerja tanpa adanya gas

**Kunci Jawaban: B**

**6. Jika perubahan energi bebas Gibbs untuk suatu reaksi adalah  $\Delta G=0$ , maka reaksi tersebut...**

- A. Tidak mungkin terjadi
- B. Tidak spontan
- C. Dalam keadaan kesetimbangan
- D. Spontan

**Kunci Jawaban: C**

**7. Energi Bebas Gibbs (G) dirumuskan sebagai...**

- A.  $G = H - T \times S$
- B.  $G = U + T \times S$
- C.  $G = T - S \times H$
- D.  $G = H + T \times U$

**Kunci Jawaban: A**

**8. Reaksi spontan ditandai dengan...**

- A.  $\Delta S > 0$  dan  $\Delta G > 0$
- B.  $\Delta S > 0$  dan  $\Delta G < 0$
- C.  $\Delta S < 0$  dan  $\Delta G < 0$
- D.  $\Delta S < 0$  dan  $\Delta G > 0$

**Kunci Jawaban: B**

**9. Keseimbangan termodinamika tercapai ketika...**

- A. Hanya tekanan dalam sistem yang tetap

- B. Sistem mencapai tekanan, suhu, dan komposisi yang tetap
- C. Hanya reaksi kimia yang terhenti
- D. Sistem terus mengalami perubahan

**Kunci Jawaban: B**

**10. Mesin kalor yang ideal dengan efisiensi maksimum disebut...**

- A. Mesin Carnot
- B. Mesin Otto
- C. Mesin Diesel
- D. Mesin Stirling

**Kunci Jawaban: A**

**Daftar Pustaka**

1. Atkins, P., & de Paula, J. (2014). *Physical Chemistry* (10th ed.). Oxford University Press.
2. Chang, R., & Goldsby, K. (2016). *Chemistry* (12th ed.). McGraw-Hill Education.
3. Laidler, K. J. (1997). *Chemical Kinetics* (3rd ed.). Pearson Education.
4. Petrucci, R. H., Harwood, W. S., Herring, F. G., & Madura, J. D. (2017). *General Chemistry: Principles and Modern Applications* (11th ed.). Pearson.
5. Callen, H. B. (1985). *Thermodynamics and an Introduction to Thermostatistics* (2nd ed.). Wiley.
6. Zemansky, M. W., & Dittman, R. H. (1997). *Heat and Thermodynamics* (7th ed.). McGraw-Hill Education.

## 14. Penanganan Bahan Kimia

### Pendahuluan

Penanganan bahan kimia dengan aman dan tepat sangat penting dalam setiap aktivitas laboratorium dan industri kimia. Bahan kimia memiliki berbagai sifat yang bisa menimbulkan bahaya, seperti sifat mudah terbakar, reaktif, beracun, atau korosif. Oleh karena itu, pengetahuan tentang cara menyimpan, menangani, dan membuang bahan kimia dengan aman sangat penting untuk mencegah kecelakaan.

### A. Klasifikasi Bahan Kimia

Bahan kimia dapat diklasifikasikan berdasarkan sifat dan potensi bahayanya. Pemahaman klasifikasi ini membantu dalam menentukan cara penanganan yang tepat. Beberapa kategori utama meliputi:

1. **Bahan Kimia Beracun:** Bahan yang dapat menyebabkan efek berbahaya jika terhirup, tertelan, atau terserap melalui kulit. Contohnya: merkuri, timbal, dan sianida.
2. **Bahan Kimia Mudah Terbakar:** Bahan yang dapat terbakar dengan cepat ketika terkena sumber panas atau nyala api. Contohnya: alkohol, bensin, dan eter.
3. **Bahan Kimia Korosif:** Bahan yang dapat menyebabkan kerusakan pada kulit, mata, atau saluran pernapasan, serta dapat merusak logam. Contohnya: asam sulfat, natrium hidroksida.
4. **Bahan Kimia Oksidator:** Bahan yang dapat mempercepat pembakaran zat lain. Oksidator sangat berbahaya bila dicampur dengan bahan mudah terbakar. Contohnya: kalium permanganat, hidrogen peroksida.
5. **Bahan Kimia Reaktif:** Bahan yang dapat bereaksi dengan zat lain dengan hebat, bahkan tanpa adanya katalisator. Reaksi tersebut bisa menghasilkan gas beracun, panas, atau ledakan. Contohnya: natrium, klorin, dan peroksida organik.

### B. Label dan Simbol Keamanan Bahan Kimia

Setiap bahan kimia yang berpotensi berbahaya harus diberi label yang jelas dan dilengkapi dengan simbol-simbol khusus sesuai dengan standar internasional, seperti:

1. **Simbol Bahaya:** Menunjukkan sifat berbahaya dari bahan tersebut, seperti mudah terbakar, beracun, atau korosif.

2. **SDS (Safety Data Sheet):** Lembar Data Keselamatan yang menyediakan informasi penting tentang cara penanganan, penyimpanan, dan langkah darurat jika terjadi paparan bahan kimia.

Sistem **GHS (Globally Harmonized System)** menyediakan klasifikasi bahan kimia yang seragam secara internasional dan standar simbol bahaya. Contoh simbol GHS:

<p><b>Health Hazard</b></p>  <ul style="list-style-type: none"> <li>• Carcinogen</li> <li>• Mutagenicity</li> <li>• Reproductive Toxicity</li> <li>• Respiratory Sensitizer</li> <li>• Target Organ Toxicity</li> <li>• Aspiration Toxicity</li> </ul>	<p><b>Flame</b></p>  <ul style="list-style-type: none"> <li>• Flammables</li> <li>• Pyrophorics</li> <li>• Self-Heating</li> <li>• Emits Flammable Gas</li> <li>• Self-Reactives</li> <li>• Organic Peroxides</li> </ul>	<p><b>Exclamation Mark</b></p>  <ul style="list-style-type: none"> <li>• Irritant (skin and eye) <ul style="list-style-type: none"> <li>• Skin Sensitizer</li> </ul> </li> <li>• Acute Toxicity (harmful) <ul style="list-style-type: none"> <li>• Narcotic Effects</li> </ul> </li> <li>• Respiratory Tract Irritant</li> <li>• Hazardous to Ozone Layer (Non Mandatory)</li> </ul>
<p><b>Gas Cylinder</b></p>  <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gases under Pressure</li> </ul>	<p><b>Corrosion</b></p>  <ul style="list-style-type: none"> <li>• Skin Corrosion/ burns <ul style="list-style-type: none"> <li>• Eye Damage</li> </ul> </li> <li>• Corrosive to Metals</li> </ul>	<p><b>Explosing Bomb</b></p>  <ul style="list-style-type: none"> <li>• Explosives</li> <li>• Self-Reactives</li> <li>• Organic Peroxides</li> </ul>
<p><b>Flame over Circle</b></p>  <ul style="list-style-type: none"> <li>• Oxidizers</li> </ul>	<p><b>Environment *(Non Mandatory)</b></p>  <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aquatic Toxicity</li> </ul>	<p><b>Skull and Crossbones</b></p>  <ul style="list-style-type: none"> <li>• Acute Toxicity (fatal or toxic)</li> </ul>

### C. Penyimpanan Bahan Kimia

Penyimpanan bahan kimia harus dilakukan dengan cara yang aman dan sesuai dengan sifat masing-masing bahan. Beberapa prinsip penyimpanan yang aman antara lain:

1. **Pemisahan Berdasarkan Kategori Bahaya:** Jangan menyimpan bahan kimia yang bisa bereaksi satu sama lain dalam satu tempat. Misalnya, bahan yang mudah terbakar tidak boleh disimpan dengan bahan oksidator.
2. **Ventilasi:** Bahan kimia yang mudah menguap, seperti pelarut organik, harus disimpan di tempat yang berventilasi baik.

3. **Suhu Penyimpanan:** Beberapa bahan kimia memerlukan penyimpanan di suhu rendah untuk mencegah reaksi atau penguapan yang berbahaya. Misalnya, bahan kimia yang sensitif terhadap panas perlu disimpan dalam kulkas laboratorium.
4. **Penggunaan Wadah Tertutup Rapat:** Bahan kimia harus disimpan dalam wadah yang tertutup rapat untuk mencegah kebocoran atau penguapan.

#### **D. Penanganan Bahan Kimia Berbahaya**

Saat bekerja dengan bahan kimia berbahaya, sangat penting untuk mengikuti prosedur yang tepat untuk meminimalkan risiko. Beberapa langkah utama penanganan yang aman termasuk:

1. **Menggunakan APD (Alat Pelindung Diri):**
  - **Sarung tangan:** Pilih sarung tangan yang sesuai dengan bahan kimia yang sedang ditangani. Contoh: Sarung tangan nitril untuk bahan kimia organik.
  - **Kacamata pelindung:** Mencegah kontak langsung dengan mata dari percikan bahan kimia.
  - **Masker atau respirator:** Melindungi dari inhalasi gas atau uap berbahaya.
  - **Jas lab dan sepatu tertutup:** Menghindari kontak langsung dengan bahan kimia.
2. **Menghindari Kontaminasi:** Hindari menyentuh wajah atau area lain saat bekerja dengan bahan kimia. Jangan makan atau minum di laboratorium.
3. **Penggunaan Fume Hood:** Bekerjalah di bawah tudung hisap atau *fume hood* saat menangani bahan kimia yang menguap atau gas berbahaya.
4. **Penggunaan Alat yang Tepat:** Gunakan pipet, spatula, atau alat khusus untuk menangani bahan kimia berbahaya, jangan gunakan tangan secara langsung.

#### **E. Tumpahan dan Penanganan Darurat**

Tumpahan bahan kimia bisa menimbulkan bahaya langsung jika tidak segera ditangani. Langkah-langkah berikut harus diikuti dalam menangani tumpahan:

1. **Evakuasi Area:** Jika tumpahan melibatkan bahan kimia berbahaya, segera evakuasi area dan beri tahu semua orang di sekitar untuk menjauh dari lokasi tumpahan.
2. **Identifikasi Bahan Kimia:** Cek label atau SDS bahan kimia yang tumpah untuk mengetahui potensi bahayanya dan cara pembersihannya.

3. **Gunakan Alat Pelindung Diri:** Pakai APD yang sesuai sebelum mulai membersihkan tumpahan.
4. **Netralisasi dan Pembersihan:**
  - Jika bahan kimia bersifat asam atau basa, gunakan zat penetral (seperti natrium bikarbonat untuk asam).
  - Gunakan bahan penyerap seperti pasir atau serbuk penyerap kimia untuk menghilangkan cairan yang tumpah.
5. **Pembuangan:** Tumpahan bahan kimia harus dibuang sesuai dengan peraturan pengelolaan limbah berbahaya. Jangan buang limbah bahan kimia langsung ke saluran air.

## **F. Pembuangan Limbah Bahan Kimia**

Pembuangan limbah bahan kimia harus dilakukan dengan hati-hati dan sesuai dengan regulasi lingkungan. Beberapa aturan umum pembuangan limbah bahan kimia meliputi:

1. **Pengelompokan Limbah:** Limbah bahan kimia harus dipisahkan berdasarkan jenisnya, misalnya limbah organik, limbah asam-basa, atau logam berat.
2. **Wadah Limbah:** Limbah harus disimpan dalam wadah yang tertutup rapat, tahan bahan kimia, dan diberi label sesuai isinya.
3. **Sistem Pembuangan:** Jangan buang bahan kimia berbahaya ke saluran air. Gunakan layanan pembuangan limbah khusus yang diatur oleh pemerintah.
4. **Laporan Pembuangan:** Semua pembuangan bahan kimia harus dilaporkan sesuai dengan protokol laboratorium atau industri yang berlaku.

## **G. Prosedur Darurat Kecelakaan Bahan Kimia**

Prosedur darurat sangat penting dalam kasus kecelakaan terkait bahan kimia. Langkah-langkah umum yang harus diambil dalam situasi darurat meliputi:

1. **Paparan pada Kulit:**
  - Segera cuci dengan air mengalir selama 15 menit.
  - Jika bahan kimia bersifat korosif, gunakan larutan penetral.
2. **Paparan pada Mata:**
  - Bilas mata dengan air selama 15-20 menit, pastikan kelopak mata terbuka.
  - Segera cari pertolongan medis.

### 3. Inhalasi:

- Jika menghirup gas atau uap berbahaya, segera pindah ke area dengan udara segar.
- Cari bantuan medis jika gejala seperti pusing atau sesak napas muncul.

### 4. Kebakaran Bahan Kimia:

- Gunakan alat pemadam kebakaran khusus (jenis CO<sub>2</sub> atau dry powder) untuk memadamkan api yang disebabkan oleh bahan kimia.
- Jika kebakaran besar, segera evakuasi dan hubungi pemadam kebakaran.

### Daftar Pustaka

1. Brady, J. E., & Humiston, G. E. (2011). *General Chemistry: Principles and Modern Applications* (10th ed.). Pearson.
2. Hill, J. W., Petrucci, R. H., McCreary, T. W., & Perry, S. S. (2014). *General Chemistry: Principles and Modern Applications* (11th ed.). Pearson.
3. *Prudent Practices in the Laboratory: Handling and Management of Chemical Hazards* (2011). National Research Council. National Academies Press.
4. Sevian, H., & Talanquer, V. (2014). *Chemical Thinking*. W. H. Freeman and Company.
5. ACS (American Chemical Society). (2020). *Safety in Academic Chemistry Laboratories: Best Practices for First- and Second-Year University Students* (8th ed.). ACS Publications.
6. Armarego, W. L. F., & Chai, C. L. L. (2013). *Purification of Laboratory Chemicals* (7th ed.). Butterworth-Heinemann.
7. Crowl, D. A., & Louvar, J. F. (2020). *Chemical Process Safety: Fundamentals with Applications* (4th ed.). Prentice Hall.
8. Codex Alimentarius: General Principles of Food Hygiene. (2019). FAO and WHO.
9. Sax, N. I., & Lewis, R. J. (1989). *Dangerous Properties of Industrial Materials* (7th ed.). Van Nostrand Reinhold.
10. Occupational Safety and Health Administration (OSHA). (2020). *Chemical Hazard Communication*. Washington, D.C.: OSHA Publications.

Lathan Soal

**1. Apa yang dimaksud dengan SDS (Safety Data Sheet) dalam penanganan bahan kimia?**

- A. Lembar informasi terkait karakteristik bahan kimia
- B. Sistem penyimpanan bahan kimia
- C. Prosedur evakuasi saat terjadi kebocoran bahan kimia
- D. Daftar bahan kimia yang mudah terbakar

**Kunci Jawaban: A**

**2. Simbol tengkorak dan tulang menyilang pada label bahan kimia menunjukkan bahwa bahan tersebut...**

- A. Korosif
- B. Reaktif
- C. Beracun
- D. Mudah terbakar

**Kunci Jawaban: C**

**3. Salah satu langkah penting dalam menyimpan bahan kimia yang bersifat mudah terbakar adalah...**

- A. Menyimpannya bersama oksidator
- B. Menyimpannya di dalam lemari es
- C. Menyimpannya di tempat tertutup rapat dan jauh dari sumber panas
- D. Menyimpannya di ruangan terbuka

**Kunci Jawaban: C**

**4. Alat pelindung diri (APD) yang wajib digunakan saat menangani bahan kimia korosif adalah...**

- A. Sarung tangan karet, kacamata pelindung, jas lab
- B. Masker bedah dan sepatu terbuka
- C. Helm dan kacamata hitam
- D. Sarung tangan kulit dan topi pelindung

**Kunci Jawaban: A**

**5. Apa langkah pertama yang harus dilakukan jika terjadi tumpahan bahan kimia berbahaya di laboratorium?**

- A. Menutupi tumpahan dengan kain
- B. Menggunakan alat pemadam api
- C. Menginformasikan dan mengevakuasi area
- D. Membersihkan tumpahan dengan segera

**Kunci Jawaban: C**

**6. Jika bahan kimia bersifat asam tumpah, tindakan paling aman untuk menetralkan tumpahan adalah dengan menggunakan...**

- A. Asam sulfat
- B. Natrium hidroksida
- C. Air
- D. Natrium bikarbonat

**Kunci Jawaban: D**

**7. Apa yang sebaiknya dilakukan ketika terjadi kontak bahan kimia berbahaya dengan kulit?**

- A. Menutupi area dengan perban
- B. Mencuci area yang terkena dengan air mengalir selama 15-20 menit
- C. Menggosok area yang terkena dengan sabun kuat
- D. Menggunakan alkohol untuk membersihkannya

**Kunci Jawaban: B**

**8. Apa yang dimaksud dengan bahan kimia oksidator?**

- A. Bahan kimia yang mudah terbakar
- B. Bahan kimia yang menghasilkan oksigen dan mempercepat pembakaran
- C. Bahan kimia yang dapat menetralkan asam
- D. Bahan kimia yang tidak bereaksi dengan senyawa lain

**Kunci Jawaban: B**

**9. Prosedur apa yang harus diikuti saat menangani bahan kimia mudah menguap?**

- A. Menyimpannya di dalam ruangan tertutup tanpa ventilasi
- B. Bekerja di bawah *fume hood*
- C. Menggunakan pelindung telinga
- D. Membuka jendela ruangan

**Kunci Jawaban: B**

**10. Mengapa sangat penting memisahkan bahan kimia berdasarkan kategori bahayanya saat penyimpanan?**

- A. Agar lebih mudah dicari saat diperlukan
- B. Untuk mengurangi risiko reaksi berbahaya antar bahan kimia
- C. Untuk memaksimalkan penggunaan ruang penyimpanan
- D. Agar bahan-bahan tersebut lebih mudah diakses

**Kunci Jawaban: B**