

KIMIA DASAR



PENULIS :

**Cyndi Prasetya, Akram La Kilo, Neny Rochyani,
A Asmawati S, Loth Botahala, Ani Siti Wiryani**

KIMIA DASAR

**Cyndi Prasetya
Akram La Kilo
Neny Rochyani
A Asmawati S
Loth Botahala
Ani Siti Wiryani**



GET PRESS INDONESIA

KIMIA DASAR

Penulis :

Cyndi Prasetya
Akram La Kilo
Neny Rochyani
A Asmawati S
Loth Botahala
Ani Siti Wiryani

ISBN : 978-623-125-120-6

Editor : Ari Yanto, M.Pd

Penyunting : Tri Putri Wahyuni, S.Pd

Desain Sampul dan Tata Letak : Atyka Trianisa, S.Pd

Penerbit : GET PRESS INDONESIA

Anggota IKAPI No. 033/SBA/2022

Redaksi :

Jln. Palarik Air Pacah No 26 Kel. Air Pacah
Kec. Koto Tangah Kota Padang Sumatera Barat

Website : www.getpress.co.id

Email : adm.getpress@gmail.com

Cetakan pertama, April 2024

Hak cipta dilindungi undang-undang
Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan
dengan cara apapun tanpa izin tertulis dari penerbit.

KATA PENGANTAR

Segala Puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT dalam segala kesempatan. Sholawat beriring salam dan doa kita sampaikan kepada Nabi Muhammad SAW. Alhamdulillah atas Rahmat dan Karunia-Nya penulis telah menyelesaikan Buku Kimia Dasar ini.

Buku Ini Membahas Atom dan senyawa kimia, Reaksi kimia, Gas, Elektron dalam atom, Tabel berkala/periodic, Kestimbangan kimia.

Proses penulisan buku ini berhasil diselesaikan atas kerjasama tim penulis. Demi kualitas yang lebih baik dan kepuasan para pembaca, saran dan masukan yang membangun dari pembaca sangat kami harapkan.

Penulis ucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah mendukung dalam penyelesaian buku ini. Terutama pihak yang telah membantu terbitnya buku ini dan telah mempercayakan mendorong, dan menginisiasi terbitnya buku ini. Semoga buku ini dapat bermanfaat bagi masyarakat Indonesia.

Padang, April 2024

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL	vii
BAB 1 ATOM DAN SENYAWA KIMIA	1
1.1 Pendahuluan.....	1
1.2 Teori Atom.....	1
1.2.1 Teori Atom John Dalton (1766 - 1884).....	1
1.2.2 J.J. Thomson (1898-1903).....	2
1.2.3 Atom Rutherford (1911).....	3
1.2.4 Niels Bohr (1913).....	3
1.2.5 Model Atom Mekanika Kuantum	5
1.2.6 Struktur Atom	5
1.3 Senyawa Kimia	8
DAFTAR PUSTAKA.....	11
BAB 2 REAKSI KIMIA	13
2.1 Pengertian Reaksi Kimia.....	14
2.1.1 Interpretasi Persamaan Kimia.....	15
2.1.2 Penyetaraan Persamaan Kimia	19
2.2 Jenis Reaksi Kimia	21
2.3 Kelarutan Senyawa Ion dan Pengendapan	22
2.3.1 Larutan Senyawa Ion dalam Air	23
2.3.2 Reaksi Pengendapan	24
2.3.3 Memprediksi Kelarutan Senyawa dalam Air.....	29
DAFTAR PUSTAKA.....	33
BAB 3 GAS	35
3.1 Pendahuluan.....	35
3.2 Hukum Gas.....	36
3.3 Proses Gas	37
3.4 Gas Dalam Kehidupan	39
3.5 Gas Dan Lingkungan.....	40
3.6 Pengukuran Gas.....	42
3.7 Kesimpulan.....	44
DAFTAR PUSTAKA.....	45

BAB 4 ELEKTRON DALAM ATOM	47
4.1 Pendahuluan	47
4.2 Model Atom	48
4.2.1 Dalton.....	48
4.2.2 J.J. Thomson	49
4.2.3 Ernest Rutherford.....	50
4.2.4 Niels Bohr	51
4.2.5 Teori Atom Modern	52
4.3 Elektron	53
4.4 Sifat Elektron.....	53
DAFTAR PUSTAKA	57
BAB 5 TABEL PERIODIK UNSUR.....	59
5.1 Perkembangan Tabel Periodik Unsur	59
5.1.1 Antonie Lavoiser (1743-1794).	59
5.1.2 Johann Wolfgang Döbereiner (1780-1849).	60
5.1.3 J. A. R. Newlands (1837-1898).	61
5.1.4 Bèguyer de Chancourtois (1863).	62
5.1.5 Julius Lothar Meyer (1830-1895)	62
5.1.6 Dmitri Ivanovich Mendeleev(1834 - 1907).	63
5.1.7 Henry Gwyn Jeffreys Moseley (1887-1915).	65
5.2 Penyusunan Tabel Periodik Unsur.....	66
5.2.1 Golongan Unsur	68
5.2.2 Periode	77
5.3 Sifat Periodik Unsur	80
5.3.1 Jari-Jari (radius = r) Atom	80
5.3.2 Energi Ionisasi (IE).....	82
5.3.3 Afinitas Elektron.....	85
5.3.4 Keelektronegatifan.....	87
5.3.5 Elektron Valensi.....	88
5.3.6 Konfigurasi Elektron dan Letak Unsur	89
5.3.7 Kereaktifan	89
5.3.8 Sifat Kelogaman Atom.....	90
DAFTAR PUSTAKA	93
BAB 6 KESETIMBANGAN KIMIA	98
6.1 Pendahuluan	98
6.1.1 Reaksi Kimia	99
6.1.2 Definisi Kesetimbangan Kimia	100

6.1.3 Hukum Aksi Massa	100
6.1.4 Jenis-Jenis Reaksi Keseimbangan.....	101
6.2 Konstanta Keseimbangan	102
6.2.1 Definisi Tetapan Keseimbangan (K).....	102
6.2.2 Hubungan Q dan Kc.....	102
6.3 Pergeseran Keseimbangan Kimia.....	103
6.3.1 Azas Le Chatelier.....	103
6.3.2 Faktor – Faktor yang Mempengaruhi Pergeseran Keseimbangan Kimia	103
DAFTAR PUSTAKA.....	116

BIODATA PENULIS

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Model Atom Dalton: a. Atom Unsur X, b. Atom Unsur Y, c. Senyawa yang Dibentuk dari Unsur X dan Y.....	2
Gambar 1.2. Model Atom Thomson.....	3
Gambar 1.3. Model Atom Rutherford dan Niels Bohr.....	4
Gambar 1.4. Teori Atom Mekanika Kuantum.....	5
Gambar 1.5. Teori Atom Mekanika Kuantum.....	6
Gambar 1.6. Identifikasi neutron oleh J. Chadwick.....	7
Gambar 2.1. Persamaan kimia 2 molekul hydrogen (abu-abu) bereaksi dengan molekul gas oksigen (merah) menghasilkan dua molekul air (merah+abuabu).....	17
Gambar 2.2. Pelarutan Kristal NaCl dalam air yang membentuk ion natrium terhidrasi dan ion klorida terhidrasi.	24
Gambar 2.3. Pelarutan kalsium nitrat dalam air membentuk ion Ca^{2+} terhidrasi dan ion NO_3^- terhidrasi.	25
Gambar 2.4. Campuran antara larutan natrium karbonat (Na_2CO_3) dan larutan kalsium nitrat ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$).....	26
Gambar 2.5. Produk campuran dari Na_2CO_3 dan larutan $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	27
Gambar 4.1. Definisi atom menurut Dalton.....	49
Gambar 4.2. Atom Model Thomson.....	50
Gambar 4.3. Model Atom Rutherford.....	51
Gambar 5.1. Grafik Meye.....	63
Gambar 5.2. Wilayah subkulit dalam TPU.....	68
Gambar 5.3. Jari-jari atom dari molekul brom (Br_2).....	80
Gambar 5.4. Jari-jari atom beberapa unsur.....	81
Gambar 6.1. Timbangan Manual.....	97
Gambar 6.2. Larutan $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ setelah ditambahkan larutan HCl.....	103
Gambar 6.3. Larutan $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ setelah ditambahkan larutan AgNO_3	103

Gambar 6.4. Larutan Amonia.....	105
Gambar 6.5. Pabrik Pembuatan Amonia.....	105
Gambar 6.6. Data konsentrasi setiap spesi, pada reaksi kesetimbangan pembentukan ammonia.....	105
Gambar 6.7. Simbolik dari Submikroskopis.....	106
Gambar 6.8. Data konsentrasi setiap spesi, pada reaksi kesetimbangan pembentukan ammonia.....	107
Gambar 6.9. Simbolik dari Submikroskopis penambahan konsentrasi H_2 pada sistem kesetimbangan pembentukan NH_3	107
Gambar 6.10. Diagram dari Proses Produksi Amonia	108
Gambar 6.11. Simbolik dari submikroskopis dari pengaruh tekanan dan volume terhadap pergeseran kesetimbangan pada reaksi kesetimbangan pembentukan ammonia	109
Gambar 6.12. Pengaruh Perbedaan Suhu pada Larutan $CoCl_2 \cdot 6H_2O$	111

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Indikasi reaksi kimia dan contoh.....	15
Tabel 2.2. Simbol persamaan reaksi kimia	17
Tabel 2.3. Langkah-langkah interpretasi reaksi gas hidrogen dan gas oksigen menghasilkan air	17
Tabel 2.4. Langkah-langkah penyetaraan reaksi gas metana dan gas oksigen	20
Tabel 2.5. Aturan kelarutan senyawa ion dan larutan.....	30
Tabel 5.1. P unsur menurut Antonie Lavoiser	60
Tabel 5.2. Pengelompokan unsur berdasarkan <i>Triade</i> Döbereiner	60
Tabel 5.3. Pengelompokkan unsur berdasarkan kenaikan massa	61
Tabel 5.4. Daftar Berkala Menurut Mendeleev	64
Tabel 5.5. Konfigurasi elektron pada sistem periodic unsur.....	66
Tabel 5.6. Energi ionisasi beberapa atom (KJ. mol^{-1}).....	32
Tabel 5.7. Nilai afinitas elektron atom-atom pada golongan utama (KJ/mol)	86
Tabel 5.8. Nilai elektronegatifitas unsur (eV).	87
Tabel 5.9. Elektron valensi beberapa atom	88
Tabel 5.10. Konfigurasi elektron beberapa atom	88
Tabel 5.11. Unsur logam.....	90
Tabel 5.12. Unsur semilogam.....	90
Tabel 5.12. Unsur bukan logam	91

BAB 1

ATOM DAN SENYAWA KIMIA

Oleh Cyndi Prasetya

1.1 Pendahuluan

Atom pertama kali dikenal dalam tulisan Romawi Luckretius pada tahun 55 SM. dengan judul rerum natura (wujud sesuatu). Dalam artikel ini ia menjelaskan pandangan Democritus. Dari tulisan ini kita mengetahui bahwa pandangan Democritus tentang atom telah diketahui. Democritus (470-400 SM) mengungkapkan

segalanya materi terdiri dari partikel-partikel kecil, partikel-partikel kecil yang terpisah yang tidak bisa didistribusikan kembali. Democritus menciptakan istilah " *atomos*" , yang artinya dengan satuan materi terkecil. Ide ini sepenuhnya beralasan spekulasi filosofis tanpa bukti eksperimental. Pendapat ini ditolak oleh filosof lainnya selama 2000 tahun. Menjelang akhir 1700-an ilmuwan mulai menyadari bahwa konsep atom democritus tersebut dapat dijelaskan dengan pengamatan eksperimental.

1.2 Teori Atom

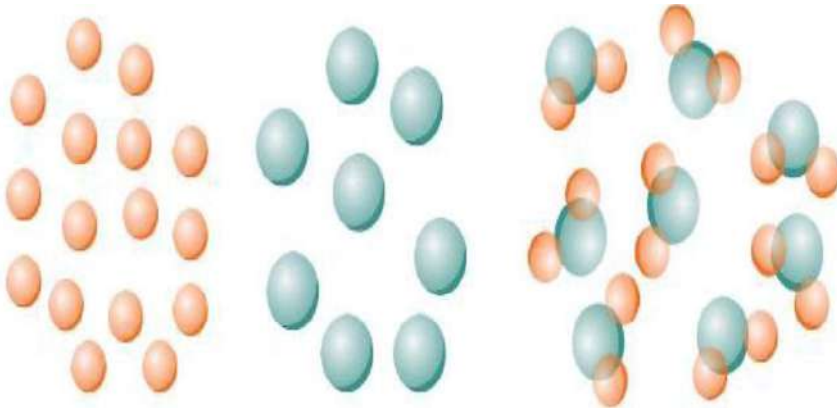
Model atom terus berkembang seiring berjalannya waktu, pembahasan ini dimulai dari teori atom Dalton hingga teori atom mekanika kuantum saat ini.

1.2.1 Teori Atom John Dalton (1766 - 1884)

1. Penentuan Dalton menandai dimulainya era kimia modern karena teorinya lebih akurat. Kesimpulan Dalton tentang sifat materi atom adalah:
 1. Unsur terdiri dari partikel yang sangat kecil yang disebut atom.
 2. Atom-atom beberapa unsur adalah sama (ukuran, massa, dan sifat kimia yang sama). Atom dari unsur yang berbeda terdapat perbedaan yang mendasar.
 3. Senyawa kimia terbentuk sebagai hasil atom dari unsur yang berbeda untuk menghubungkan Jumlah atom dalam

suatu senyawa beberapa elemen adalah bilangan bulat atau pecahan sederhana.

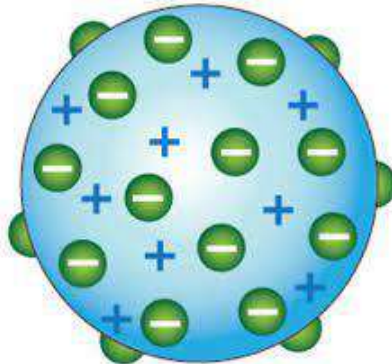
4. Reaksi kimia melibatkan penataan ulang atom (yang hanya terjadi dalam reaksi kimia memisahkan, menggabungkan atau menyusun ulang atom reaksi kimia tidak mengakibatkan kehancuran atau penciptaan atom).



Gambar 1.1. Model Atom Dalton: a. Atom Unsur X, b. Atom Unsur Y, c. Senyawa yang Dibentuk dari Unsur X dan Y
(Sumber: Denniston, 2003)

1.2.2 J.J. Thomson (1898-1903)

Teori yang dikemukakan oleh Thomson menggambarkan atom sebagai bola padat yang bermuatan positif dengan elektron (bermuatan negatif) tersebar di permukaannya. Thomson membuktikan adanya partikel bermuatan negatif dalam atom yang kemudian dinamakan elektron.



Gambar 1.2. Model Atom Thomson
([https://www.google.com/model atom Thomson](https://www.google.com/model%20atom%20Thomson))

Berikut adalah kekurangan teori Thomson juga memiliki kekurangan, yaitu :

1. Tidak adanya lintasan elektron dan tingkat energi.
2. Tidak dapat menjelaskan susunan muatan positif dan negatif dalam atom.

1.2.3 Atom Rutherford (1911)

Ernest Rutherford merupakan tokoh yang berkontribusi pada pengembangan model atom berbentuk seperti tata surya.

1. Atom adalah bola berongga yang tersusun dari inti atom dan elektron yang mengelilinginya.
2. Inti atom bermuatan positif. Selain itu, massa atom terpusat pada inti atom. Model ini persis seperti bagaimana planet mengelilingi matahari. Rutherford berjasa mengenalkan konsep lintasan atau kedudukan elektron yang kelak disebut dengan kulit atom. Namun model atom Rutherford tidak dapat menjelaskan mengapa elektron tidak jatuh ke dalam inti atom.

1.2.4 Niels Bohr (1913)

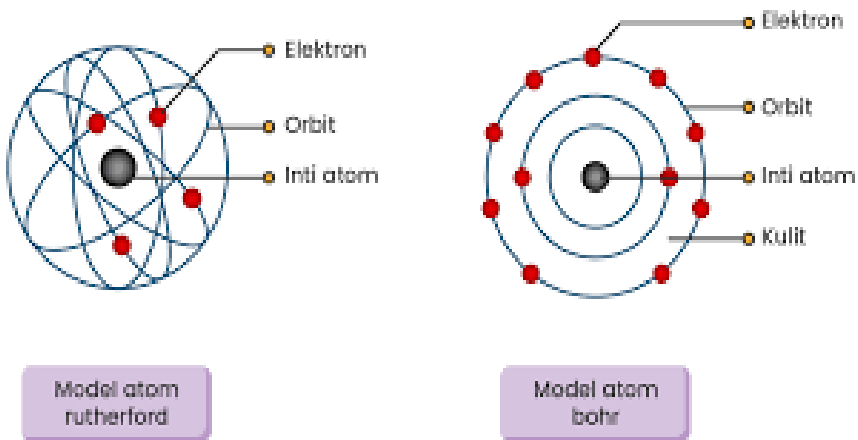
Fisikawan Denmark Niels Bohr adalah ilmuwan pertama yang mengembangkannya teori struktur atom pada tahun 1913. Teori berasal dari sifat atom pengamatan Bohr:

1. Atom terdiri dari inti yang bermuatan positif dan dikelilingi oleh elektron yang bermuatan negatif di dalam suatu lintasan.

2. Elektron bisa berpindah dari satu lintasan ke lintasan yang lain dengan menyerap atau memancarkan energi sehingga energi elektron atom itu tidak akan berkurang
3. Jika berpindah ke lintasan yang lebih tinggi, elektron akan menyerap energi.
4. Jika berpindah ke lintasan yang lebih rendah, elektron akan memancarkan energi. Kedudukan elektron-elektron pada tingkat-tingkat energi tertentu yang disebut kulit-kulit elektron.

Kelemahan yang ada pada Niels bohr :

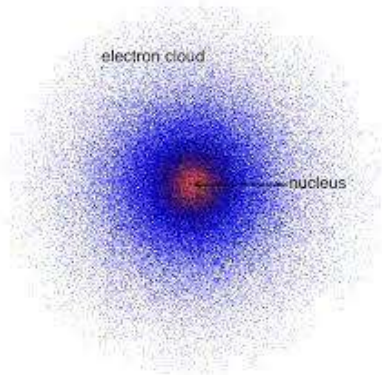
1. Ada radius dan orbit. Hal ini bertentangan dengan prinsip ketidakpastian Heisenberg berpendapat bahwa sinar tidak bisa ada bersamaan dengan orbit
2. model atom Bohr juga tidak menjelaskan efek Zeeman. Efek Zeeman adalah ketika garis spektrum terbelah karena adanya medan magnet. (Oxtoby dkk, 2001)



Gambar 1.3. Model Atom Rutherford dan Niels Bohr
<https://www.google.com/Ruangguru/TeoriatomRutherforddanNielsBohr>

1.2.5 Model Atom Mekanika Kuantum

Teori atom mekanika kuantum menjelaskan perilaku partikel seperti elektron dan memiliki sifat panjang gelombang. Model atom mekanika kuantum dapat menjelaskan letak elektron dengan melihat probabilitas orbital.



Gambar 1.4. Teori Atom Mekanika Kuantum

(<https://www.google.com/www.zenius.net/Teorimekanikakuantu>
m)

1.2.6 Struktur Atom

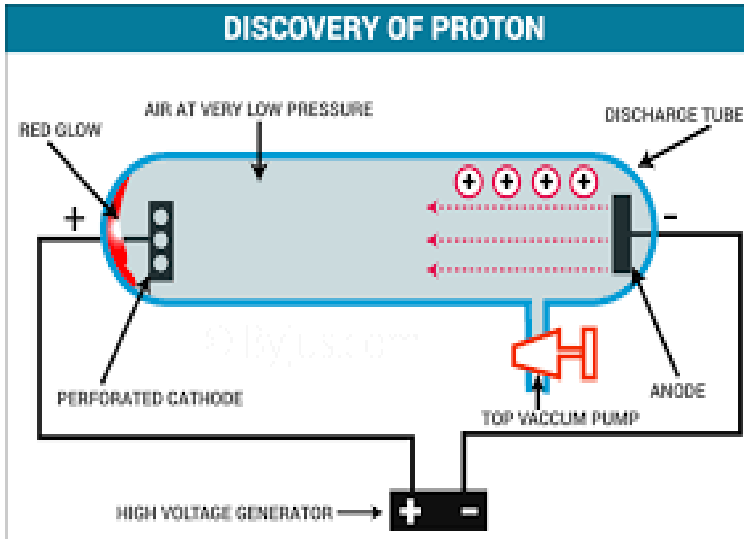
1. Elektron

Partikel bermuatan negatif yang bergerak mengelilingi inti atom dalam orbital. Elektron menentukan sifat kimia atom dan berpartisipasi dalam pembentukan ikatan kimia. Salah satu alat digunakan untuk menyelidiki fenomena elektron adalah tabung sinar katoda, tabung ini berupa kaca yang sebagian besar udaranya sudah disedot keluar. Ketika dua lempeng logam dihubungkan dengan sumber tegangan tinggi, lempeng yang bermuatan negatif disebut katoda, memancarkan sinar yang tidak terlihat. Sinar katode ini tertarik lempeng bermuatan positif yang disebut anoda, di mana sinar itu melalui suatu lobang dan terus merambat menuju ujung tabung satunya (Chang, 2008).

2. Proton

Partikel bermuatan positif yang terdapat di dalam inti atom. Proton memiliki muatan listrik positif, yang secara matematis,

muatan proton dapat dianggap setara dengan +1. Jumlah proton menentukan identitas unsur kimia.



Gambar 1.5. Teori Atom Mekanika Kuantum
(<https://www.google.com/www.edumple.com/discoveryproton>)

Berdasarkan hasil eksperimen tersebut disimpulkan bahwa atom sebagian besar terdiri dari ruang hampa, tetapi memiliki inti kecil yang sangat padat dan bermuatan positif.

Muatan positif pada proton bertolak belakang dengan muatan negatif pada elektron yang bergerak mengelilingi inti atom. Dalam suatu atom netral, jumlah proton di dalam inti sama dengan jumlah elektron yang mengelilinginya, sehingga muatan positif dan muatan negatif saling menetralkan, dan atom bersifat netral secara keseluruhan.

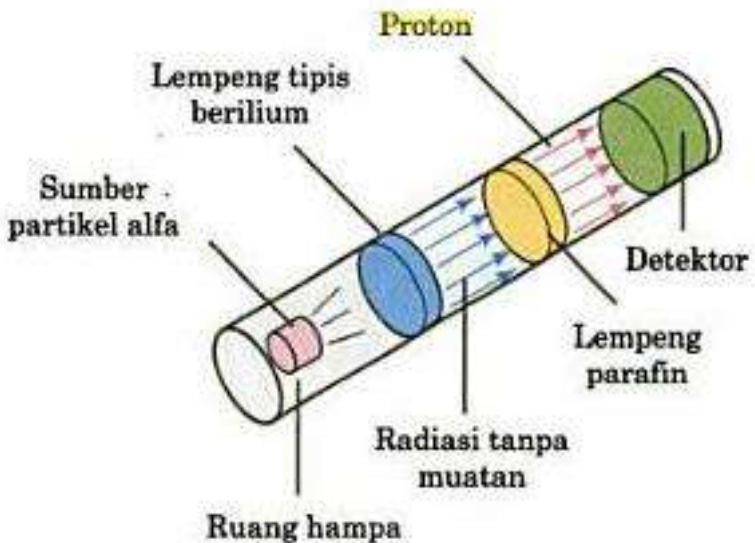
3. Neutron

Neutron ditemukan oleh James Chadwick pada tahun 1932. Ketika Chadwick menembakkan partikel ke selembur tipis berilium, logam tersebut memancarkan radiasi yang berenergi sangat tinggi. Sinar ini sesungguhnya terdiri dari partikel netral

yang mempunyai massa sedikit lebih besar daripada massa proton. Chadwick menamai partikel ini dengan neutron.

Chadwick mengamati bahwa berilium yang ditembak dengan partikel α memancarkan suatu partikel yang mempunyai daya tembus yang sangat tinggi dan tidak dipengaruhi oleh medan magnet maupun medan listrik. Partikel ini diberi nama **neutron**. Sifat-sifat neutron adalah :

1. Tidak bermuatan karena sinar neutron dalam medan listrik ataupun medan magnet tidak dibelokkan ke kutub positif dan negatif.
2. Mempunyai massa yang hampir sama dengan massa atom, yaitu $1,675 \times 10^{-24}$ g atau 1,0087 sma.



Gambar 1.6. Identifikasi neutron oleh J. Chadwick
<https://www.google.com/belajar-fun.com>

Neutron tidak memiliki muatan, mempunyai momen dipol listrik mendekati nol, dan berinteraksi dengan inti atom melalui gaya nuklir jarak sangat pendek. Neutron digunakan dalam teknologi yang mempelajari materi terkondensasi (padat dan cair)

di dunia karena memiliki keunggulan signifikan dibandingkan bentuk radiasi lain dalam mempelajari struktur dan dinamika mikroskopis. Hamburan neutron memberikan informasi rinci tentang perilaku mikroskopis materi terkondensasi, memainkan peran utama dalam membentuk pemahaman eksperimental dan teoretis tentang material mulai dari magnetisme dan superkonduktivitas hingga permukaan dan antarmuka kimia (Kartini, 2007).

1.3 Senyawa Kimia

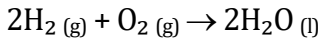
Unsur adalah zat yang tidak dapat dipisahkan menjadi zat yang lebih sederhana dengan cara kimiawi.

Sebagian besar unsur dapat berinteraksi dengan satu atau lebih unsur lain untuk membentuk senyawa. Senyawa adalah zat yang terdiri dari dua atau lebih unsur yang bersatu secara kimiawi dalam proporsi yang tetap. Gas hidrogen, misalnya, terbakar dalam gas oksigen untuk membentuk air, suatu senyawa yang sifat-sifatnya sangat berbeda dengan bahan-bahan awalnya. Air terdiri dari dua bagian hidrogen dan satu bagian oksigen.

Senyawa kimia terbentuk melalui proses pembentukan ikatan kimia antara atom-atom unsur penyusunnya. Ada dua jenis ikatan kimia utama yang terlibat dalam pembentukan senyawa: ikatan kovalen dan ikatan ionik. Proses terbentuknya senyawa kimia dapat dijelaskan melalui reaksi kimia. Reaksi kimia menggambarkan perubahan zat-zat kimia menjadi zat-zat lain melalui pembentukan atau pemutusan ikatan kimia. Reaksi yang terjadi pada senyawa anorganik biasanya merupakan reaksi antar ion, sedangkan reaksi pada senyawa organik ditandai dengan putusnya ikatan kovalen dan terbentuknya ikatan kovalen baru (Prinsip dasar reaksi kimia dapat diamati melalui perubahan warna, perubahan suhu, pembentukan gas, atau pembentukan endapan).

1. Reaksi sintesis

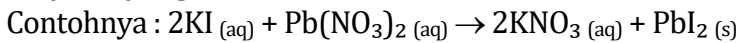
Reaksi sintesis adalah jenis reaksi kimia di mana dua zat atau lebih bergabung membentuk produk baru yang lebih kompleks. Pada reaksi ini, unsur atau senyawa bereaksi membentuk senyawa baru. Contoh umum reaksi sintetik adalah: Sintesis air (Hidrogenasi):



Dalam reaksi ini, hidrogen gas (H_2) dan oksigen gas (O_2) bereaksi untuk membentuk air (H_2O).

2. Reaksi metatesis

Reaksi metatesis, disebut juga reaksi pertukaran atau reaksi transformasi, adalah reaksi kimia di mana bagian dari dua senyawa dipertukarkan untuk membentuk dua senyawa baru. Reaksi ini melibatkan pertukaran atom atau gugus ionik antar senyawa yang bereaksi.

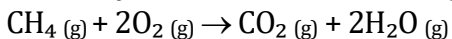


Di sini, larutan kalium iodida (KI) bertemu dengan larutan plumbum nitrat ($\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$) menghasilkan endapan kuning dari PbI_2 dan larutan kalium nitrat (KNO_3).

3. Reaksi Pembakaran

Reaksi pembakaran adalah reaksi kimia yang terjadi ketika suatu zat bereaksi dengan oksigen, menghasilkan panas dan cahaya sebagai produk sampingan yang umum. Reaksi ini disebut juga oksidasi karena bahan yang terbakar bereaksi dengan oksigen. Reaksi pembakaran biasanya melibatkan tiga elemen kunci yang diperlukan agar reaksi dapat terjadi, yaitu bahan bakar (zat yang terbakar), oksigen, panas, atau sumber energi yang cukup untuk memulai reaksi.

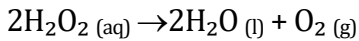
Contohnya : Pembakaran metana (gas alam)



Metana (CH_4), gas alam yang umum, bereaksi dengan oksigen untuk membentuk karbon dioksida (CO_2) dan uap air (H_2O).

4. Reaksi Dekomposisi

Reaksi penguraian adalah jenis reaksi kimia di mana suatu senyawa dipecah menjadi dua unsur atau lebih atau senyawa yang lebih sederhana. Dalam reaksi ini, bahan awal dipecah menjadi komponen-komponen yang lebih sederhana sebagai produk. Reaksi ini dapat dipicu oleh panas, cahaya, atau reagen tertentu. Contoh reaksinya seperti dekomposisi hidrogen peroksida:



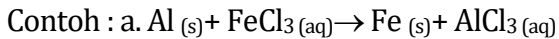
Hydrogen peroxide (H_2O_2) is decomposed into water (H_2O) and oxygen (O_2), especially in certain conditions such as exposure to light or with the help of a catalyst.

5. Reaksi Pertukaran Tunggal

Single displacement reaction, often called substitution or displacement reaction, is a type of chemical reaction in which one element in a compound is replaced by another element. This type of reaction usually occurs between a metal or nonmetal and a compound that contains the same element.



Conditions for the reaction to occur: Metal M must be placed to the left of metal L (Volta Series).



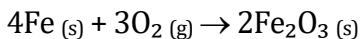
6. Reaksi reduksi-oksidasi (redoks)

Redox reaction, commonly known as "redox", is a type of chemical reaction in which electrons move from one substance to another. Redox reactions involve a change in oxidation state (loss of electrons) of one substance, followed by a change in reduction state (gain of electrons) of another substance. In redox reactions, two processes occur simultaneously.

Oxidation: Process in which a substance loses electrons.

Reduction: Process in which a substance gains electrons.

Oxidation of iron (Fe) by oxygen (O_2):



In this reaction, iron (Fe) undergoes oxidation because it reacts with oxygen (O_2) from the air and forms an iron (III) oxide (Fe_2O_3).

DAFTAR PUSTAKA

- Chang, R. 2008. *Kimia Dasar: Konsep-konsep Inti*. Terjemahan Muhammad Abdul Kadir, dkk. Jakarta: Erlangga
- Kartini, E. 2007. *The Prospect of Neutron Scattering In The 21st Century: A Powerful Tool For Materials Research*. *Atom Indonesia*, 33(2)
- Nuryono. 2018. *Kimia anorganik struktur dan ikatan*. Yogyakarta : Gadjah Mada university. Press.
- Oxtoby, D.W., Gillis, H.P., Nachtrieb, N.H. 2001. *Prinsip-prinsip Kimia Modern*. Jakarta: Erlangga.
- Sulastri., Rahmayani R.F.I. 2017. *Buku Ajar - Kimia Dasar 1*. Banda Aceh: Syiah Kuala University press.
- Tamungku, R., Tani, D., Tuerah, J. 2019. Analisis Miskonsepsi Siswa dengan Menggunakan Tes Diagnostik *Two-Tier Multiple Choice* pada Materi Struktur Atom di SMA Negeri 1 Remboken. *Oxygenius: Journal Of Chemistry Education*, 1(22).
- Pratiwi, S.A., Fatah, A.H., Syarpin. 2020. *Analisis Materi Struktur Atom Pada Buku Teks Kimia Kelas X SMA/MA*. *Jurnal Ilmiah Kanderang Tingang*, 11(1).
- Yusuf, Y. (2018). *Kimia Dasar*. Jakarta: EduCenter Indonesia.

BAB 2

REAKSI KIMIA

Oleh Akram La Kilo

Tanpa adanya reaksi kimia di alam atau dunia, secara fundamental kehidupan akan terhenti dan ekosistem tidak akan berfungsi. Reaksi kimia memainkan peran kunci dalam proses biologis, seperti fotosintesis yang memungkinkan tanaman dan organisme mengubah energi matahari menjadi makanan dan oksigen. Tanpa fotosintesis, rantai makanan di alam akan runtuh, menyebabkan dampak besar pada semua makhluk hidup yang bergantung pada proses ini. Selain itu, reaksi kimia juga mendasari respirasi sel, pencernaan, dan proses metabolik lainnya yang memberikan energi dan bahan kimia esensial untuk pertumbuhan, perkembangan, dan fungsi organisme.

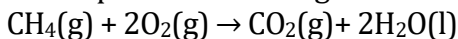
Tidak hanya berpengaruh pada kehidupan biologis, reaksi kimia juga membentuk dunia fisik di sekitar kita. Proses oksidasi, pembentukan senyawa kimia, dan perubahan fisik lainnya merupakan hasil dari reaksi kimia yang terus menerus terjadi pada berbagai tingkatan. Tanpa reaksi kimia, tidak akan ada perubahan warna, pembentukan mineral seperti di pulau Taliabu Provinsi Maluku Utara yang dijadikan sebagai daerah tambang, dan berbagai fenomena fisik yang membuat dunia ini beraneka ragam. Keseluruhan, reaksi kimia adalah dasar dari eksistensi kehidupan dan kompleksitas alam semesta ini.

Reaksi kimia bukan hanya aspek yang terisolasi dalam ilmu kimia, melainkan telah menjadi bagian tak terpisahkan dari perkembangan teknologi manusia, warisan budaya, dan keberlanjutan kehidupan. Contoh-contoh kegiatan sehari-hari seperti pembuatan bahan bangunan, minuman, dan makanan menggambarkan pemanfaatan reaksi kimia dalam kehidupan sehari-hari. Selain itu, reaksi kimia juga memainkan peran penting dalam geologi bumi, membentuk batuan dan memengaruhi keseimbangan ekosistem.

2.1 Pengertian Reaksi Kimia

Reaksi kimia adalah perubahan yang terjadi saat suatu zat atau sekelompok zat berubah menjadi zat-zat yang berbeda dengan sifat dan karakteristik yang baru. Selama reaksi kimia, ikatan kimia antara atom-atom dalam molekul dapat terputus dan terbentuk, menghasilkan suatu substansi yang berbeda dari reaktannya. Reaksi kimia melibatkan perubahan komposisi materi dan biasanya dinyatakan dalam bentuk persamaan kimia yang mencerminkan jumlah dan jenis partikel yang terlibat.

Secara makroskopik, reaksi kimia dapat diamati melalui perubahan fisik, seperti perubahan warna, perubahan suhu, perubahan bentuk, atau pelepasan gas. Misalnya, reaksi antara asam dan logam dapat menghasilkan pelepasan gas hidrogen, sementara reaksi oksidasi logam besi dapat menghasilkan perubahan warna dan korosi. **Secara mikroskopik**, reaksi kimia terjadi pada tingkat atom dan molekul. Ikatan kimia antar atom dapat putus atau terbentuk kembali, menghasilkan struktur molekul baru. Ketika suatu ikatan kimia terputus, diperlukan energi, dan ketika suatu ikatan kimia terbentuk, energi dilepaskan. Jumlah energi tergantung pada ikatan kimia, tetapi untuk ikatan yang sama, energi yang diperlukan untuk memutus sama dengan energi yang dilepaskan untuk membentuk ikatan tersebut. Oleh karena itu, energi dilepaskan dalam beberapa reaksi kimia dan diserap dalam reaksi kimia lainnya. Contohnya, reaksi pembakaran metana melibatkan ikatan antara karbon dan hidrogen dalam molekul metana yang terputus, dan kemudian atom-atom tersebut bergabung dengan oksigen untuk membentuk karbon dioksida dan air. Melalui **simbol**, reaksi kimia sering diwakili melalui persamaan kimia, di mana rumus kimia dari zat-zat yang bereaksi dan terbentuk dituliskan menggunakan simbol-simbol kimia. Sebagai contoh, reaksi pembakaran metana dapat diwakili sebagai:



Dampak Sosial: Reaksi kimia memiliki dampak sosial yang besar. Banyak industri bergantung pada reaksi kimia untuk memproduksi bahan kimia, obat-obatan, material, dan energi. Namun, beberapa reaksi kimia juga dapat memiliki dampak negatif, seperti polusi dan dampak lingkungan. Oleh karena itu, pemahaman

yang baik tentang reaksi kimia sangat penting dalam pengembangan teknologi yang berkelanjutan dan ramah lingkungan. Selain itu, pemahaman reaksi kimia juga diperlukan dalam bidang kesehatan untuk pengembangan obat dan penelitian medis.

Indikasi reaksi kimia dapat dilihat pada Tabel 2.1. Indikasi reaksi kimia

Tabel 2.1. Indikasi reaksi kimia dan contoh

Indikasi Reaksi Kimia	Contoh dalam Kehidupan Sehari-hari	Persamaan Reaksi
Perubahan Warna	Pemulas rambut yang mengubah warna rambut.	$2\text{H}_2\text{O}_2(\text{l}) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{O}_2(\text{g})$
Pembentukan Gas	Pembentukan gas karbon dioksida saat mencampurkan cuka dengan baking soda.	$\text{NaHCO}_3(\text{s}) + \text{HC}_2\text{H}_3\text{O}_2(\text{aq}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{NaC}_2\text{H}_3\text{O}_2(\text{aq})$
Pembentukan Endapan	Pembentukan endapan putih ketika larutan kalsium klorida dicampur dengan larutan natrium karbonat.	$\text{CaCl}_2(\text{aq}) + \text{Na}_2\text{CO}_3(\text{aq}) \rightarrow \text{CaCO}_3(\text{s}) + 2\text{NaCl}(\text{aq})$
Pembebasan Energi	Pembakaran bahan bakar seperti bensin dalam mesin mobil.	$2\text{C}_8\text{H}_{18}(\text{l}) + 25\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 16\text{CO}_2(\text{g}) + 18\text{H}_2\text{O}(\text{l})$
Perubahan Temperatur	Pembakaran kertas yang menghasilkan panas.	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(\text{s}) + 6\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 6\text{CO}_2(\text{g}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{l})$
Pertukaran Bau	Pembusukan makanan organik yang menghasilkan bau busuk.	$4\text{NH}_3(\text{g}) + 5\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 4\text{NO}(\text{g}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{l})$

2.1.1 Interpretasi Persamaan Kimia

Interpretasi persamaan kimia melibatkan pemahaman tentang komponen-komponen dalam persamaan dan bagaimana hal itu merepresentasikan reaksi kimia. Berikut adalah langkah-langkah umum untuk menginterpretasikan persamaan kimia:

1. Identifikasi zat-zat yang terlibat:
Identifikasi senyawa, unsur, atau ion yang terlibat dalam reaksi kimia, yang direpresentasikan oleh simbol kimia yang sesuai.
2. Baca koefisien stoikiometri:
Koefisien stoikiometri di depan setiap simbol atau rumus kimia menunjukkan rasio jumlah molar antara zat-zat yang terlibat dalam reaksi. Ini menunjukkan seberapa banyak setiap zat yang terlibat.
3. Pahami bentuk persamaan:
Persamaan kimia memiliki dua sisi: sisi reaktan (kiri) dan sisi produk (kanan) yang dipisahkan oleh tanda panah ($\rightarrow$) yang menunjukkan arah reaksi.
4. Pahami arti panah:
Panah menunjukkan arah reaksi. Reaktan berubah menjadi produk.
5. Perhatikan simbol kimia dan fase:
Simbol kimia dalam persamaan menunjukkan zat apa yang terlibat. Fase zat (padat, cair, gas, atau larutan) juga dapat dinyatakan dengan menggunakan tanda dalam kurung, seperti $[s]$, $[l]$, $[g]$, atau $[aq]$.
6. Perhatikan energi dan katalis:
Jika reaksi melibatkan perubahan energi atau katalis, hal ini mungkin diindikasikan dalam persamaan. Perubahan energi dapat ditandai dengan ΔH untuk reaksi endoterm (ΔH positif) atau eksoterm (ΔH negatif), sementara katalis ditunjukkan dengan simbol khusus di atas panah atau di bawah persamaan.
7. Pahami makna koefisien stoikiometri:
Koefisien stoikiometri memberikan informasi tentang rasio molar antara reaktan dan produk. Ini penting untuk memahami seberapa banyak setiap zat yang terlibat dalam reaksi.
8. Perhatikan hukum konservasi massa dan muatan:
Pastikan jumlah atom tiap unsur pada sisi reaktan sama dengan jumlah atom unsur yang sama pada sisi produk. Hukum konservasi massa dan muatan harus dipenuhi.

Simbol-simbol persamaan reaksi diringkas pada **Tabel 2.**:

Tabel 2.2. Simbol persamaan reaksi kimia

Simbol	Deskripsi
+	Dipakai untuk memisahkan reaktan atau produk
→	Memisahkan reaktan dari produk
⇌	Menggambarkan reaksi yang dapat berbalik dan mencapai keseimbangan
(s)	Reaktan atau produk dalam keadaan padat
(l)	Reaktan atau produk dalam keadaan cair
(g)	Reaktan atau produk dalam keadaan gas
(aq)	Reaktan atau produk dalam larutan yang terlarut dalam air
$\xrightarrow{\text{Pt}}$	Formula yang ditulis di atas panah digunakan sebagai katalis dalam reaksi
$\xrightarrow{\Delta}$	Segitiga menunjukkan bahwa reaksi sedang dipanaskan

Contoh: $2\text{H}_{2(g)} + \text{O}_{2(g)} \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}_{(l)}$ $\Delta H = -482 \text{ kJ}$, yang diinterpretasikan dalam **Tabel 2..**



Gambar 2.1. Persamaan kimia 2 molekul hidrogen (abu-abu) bereaksi dengan molekul gas oksigen (merah) menghasilkan dua molekul air (merah+abuabu).
(sumber: <https://preparatorychemistry.com/>)

Tabel 2.3. Langkah-langkah interpretasi reaksi gas hidrogen dan gas oksigen menghasilkan air

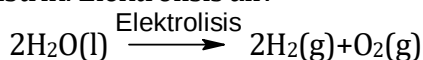
Langkah-langkah Interpretasi Persamaan Kimia	Contoh
1. Identifikasi zat-zat yang terlibat	Hidrogen (2H_2), Oksigen (2O_2), Air ($2\text{H}_2\text{O}$)
2. Baca koefisien	$2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$

Langkah-langkah Interpretasi Persamaan Kimia	Contoh
stoikiometri	
3. Pahami bentuk persamaan	Reaktan (kiri) → Produk (kanan)
4. Pahami arti panah	Reaktan berubah menjadi produk
5. Perhatikan simbol kimia dan fase	$2\text{H}_2, 2\text{O}_2 (\text{gas}) \rightarrow \text{H}_2\text{O} (\text{cair})$
6. Perhatikan energi dan katalis	$\Delta H = -482 \text{ kJ}$ (reaksi eksoterm) untuk menghasilkan 2 molekul air. Tidak ada katalis dalam contoh ini.
7. Pahami makna koefisien stoikiometri	2 molekul hidrogen + 1 molekul oksigen → 2 molekul air
8. Perhatikan hukum konservasi massa dan muatan	Jumlah atom H dan O pada sisi reaktan sama dengan jumlah atom H dan O pada sisi produk. Muatannya sama, yaitu nol (di reaktan dan produk)

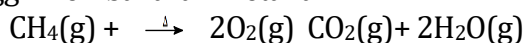
Kadang-kadang, untuk suatu reaksi kimia terjadi, diperlukan kondisi khusus. Kondisi tersebut biasanya dijelaskan atau dicantumkan di atas panah dalam persamaan kimia. Contohnya dapat berupa kondisi seperti arus listrik, membutuhkan suhu tinggi, tekanan tinggi, atau paparan cahaya. Dengan kata lain, beberapa reaksi kimia memerlukan lingkungan atau situasi tertentu agar dapat terjadi, dan informasi tentang kondisi ini seringkali diberikan di dalam persamaan kimia.

Contoh:

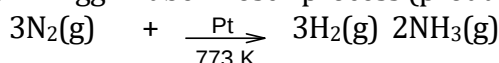
1. Arus Listrik: Elektrolisis air.



2. Suhu Tinggi: Pembakaran metana.

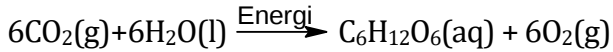


3. Tekanan Tinggi: Haber-Bosch process (produksi amonia).



Reaksi nitrogen dengan hidrogen di tekanan tinggi dan dengan bantuan katalis platina (Pt) membentuk amonia

4. Paparan Cahaya: Fotosintesis dalam tanaman.



Dalam proses fotosintesis, karbon dioksida (CO_2) dan air (H_2O) diubah menjadi glukosa ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) dan oksigen (O_2) dengan bantuan energi cahaya matahari.

2.1.2 Penyetaraan Persamaan Kimia

Penyetaraan persamaan reaksi kimia adalah proses menyesuaikan koefisien stoikiometri sehingga jumlah atom tiap unsur pada sisi reaktan sama dengan jumlah atom unsur yang sama pada sisi produk. Berikut adalah langkah-langkah penyetaraan persamaan reaksi kimia:

1. Tentukan persamaan awal:
Tuliskan persamaan reaksi kimia yang akan disetarakan.
2. Hitung jumlah atom setiap unsur:
Identifikasi jumlah atom tiap unsur pada sisi reaktan dan produk.
3. Mulailah dengan atom yang paling banyak:
Mulailah dengan menyetarakan atom dari unsur yang paling banyak terdapat dalam persamaan.
4. Gunakan koefisien stoikiometri:
Gunakan koefisien stoikiometri untuk menyesuaikan jumlah atom. Pertimbangkan bahwa koefisien harus berupa bilangan bulat dan sebaiknya paling kecil mungkin.
5. Periksa kembali jumlah atom:
Setelah menyesuaikan koefisien untuk unsur yang dipilih, periksa kembali jumlah atom unsur lainnya untuk memastikan setiap unsur sudah setara di kedua sisi persamaan.
6. Lanjutkan dengan unsur lain:
Lanjutkan proses penyesuaian dengan unsur-unsur yang belum setara, satu per satu, sampai jumlah atom tiap unsur setara di sisi reaktan dan produk.
7. Periksa dan evaluasi:

Periksa kembali persamaan reaksi untuk memastikan bahwa jumlah atom tiap unsur sudah setara di kedua sisi. Evaluasi ulang jika diperlukan.

- 8. Gunakan bilangan pecahan jika perlu:
Jika bilangan bulat tidak memadai, gunakan bilangan pecahan sebagai koefisien stoikiometri. Ini dapat dilakukan setelah menemukan faktor persekutuan terkecil dari koefisien.
- 9. Periksa jumlah total molekul:
Pastikan jumlah total molekul tidak berubah selama penyetaraan. Jumlah total atom pada sisi reaktan harus sama dengan jumlah total atom pada sisi produk.
- 10. Tulis persamaan yang telah disetarakan:
Setelah menyesuaikan koefisien stoikiometri hingga jumlah atom unsur setara, tuliskan persamaan reaksi kimia yang telah disetarakan.
Contoh: Persamaan Awal: $\text{CH}_4(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$
Setelah Penyetaraan: $\text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$

Langkah-langkah penyelesaian persamaan reaksi tersebut ditunjukkan pada **Tabel 2..**

Tabel 2.4. Langkah-langkah penyetaraan reaksi gas metana dan gas oksigen

Langkah-Langkah Penyetaraan Persamaan Reaksi	Contoh
1. Tentukan persamaan awal	$\text{CH}_4(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$
2. Hitung jumlah atom setiap unsur	1 C, 4 H, 2 O
3. Mulailah dengan atom yang paling banyak	Hidrogen (H)
4. Gunakan koefisien stoikiometri	$\text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$
5. Periksa kembali jumlah atom	1 C, 4 H, 4 O
6. Lanjutkan dengan unsur	Karbon (C)

Langkah-Langkah Penyetaraan Persamaan Reaksi	Contoh
lain	
7. Periksa dan evaluasi	1 C, 4 H, 4 O
8. Gunakan bilangan pecahan jika perlu	-
9. Periksa jumlah total molekul	Jumlah total tidak berubah
10. Tulis persamaan yang telah disetarakan	$\text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$

2.2 Jenis Reaksi Kimia

1. Reaksi Kombinasi atau Sintesis: Dua atau lebih zat bergabung untuk membentuk zat baru.
Contoh: $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ (Pembentukan air)
2. Reaksi Dekomposisi: Definisi: Sebuah zat tunggal terurai menjadi dua atau lebih zat yang lebih sederhana.
Contoh: $2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow 2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$ (Penguraian air menjadi hidrogen dan oksigen)
3. Reaksi Pemindahan atau Penggantian: Satu unsur menggantikan unsur lain dalam senyawa.
Contoh: $\text{Zn}(\text{s}) + 2\text{HCl}(\text{aq}) \rightarrow \text{ZnCl}_2(\text{aq}) + \text{H}_2(\text{g})$ (Seng menggantikan hidrogen dalam asam klorida)
4. Reaksi Redoks (Reaksi Oksidasi-Reduksi): Melibatkan transfer elektron antara reaktan.
Contoh: $2\text{Na}(\text{s}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{NaCl}(\text{s})$ (Natrium mengalami oksidasi, klorin mengalami reduksi)
5. Reaksi Presipitasi: Pembentukan produk yang tidak larut (presipitat) ketika dua larutan dicampur.
Contoh: $\text{AgNO}_3(\text{aq}) + \text{NaCl}(\text{aq}) \rightarrow \text{AgCl}(\text{s}) + \text{NaNO}_3(\text{aq})$ (Pembentukan klorida perak)
6. Reaksi Asam-Basa: Melibatkan transfer proton (H^+) dari satu zat ke zat lainnya.
Contoh: $\text{HCl}(\text{aq}) + \text{NaOH}(\text{aq}) \rightarrow \text{NaCl}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$ (Pembentukan air dan natrium klorida)

7. Reaksi Pembakaran: Gabungan cepat suatu zat dengan oksigen, seringkali menghasilkan panas dan cahaya.
Contoh: $C_6H_{12}O_6(s) + 6O_2(g) \rightarrow 6CO_2(g) + 6H_2O(l)$
(Pembakaran glukosa)
8. Reaksi Netralisasi: Reaksi antara asam dan basa untuk membentuk air dan garam.
Contoh: $HCl(aq) + NaOH(aq) \rightarrow NaCl(aq) + H_2O(l)$ (Netralisasi asam klorida dengan natrium hidroksida).

Apa jenis reaksi kimia pada pembentukan BIMEVOX dari $Bi_2VO_{5.5}$ dan logam (ME)? Pelajari artikel La Kilo, A., et al, 2019. *Highest Ionic Conductivity of BIMEVOX (ME= 10% Cu, 10% Ga, 20% Ta): Computational Modeling and Simulation. Indonesian Journal of Chemistry*, 20(3), 510-519.

2.3 Kelarutan Senyawa Ion dan Pengendapan

Mempelajari kelarutan senyawa ion memiliki relevansi yang signifikan dalam berbagai bidang ilmu kimia dan aplikasinya. Pertama, pemahaman terhadap sifat kelarutan senyawa membantu meramalkan dan menganalisis reaksi kimia. Sebagai contoh, senyawa plumbum(II) nitrat $Pb(NO_3)_2$ tidak larut dalam air, menghasilkan ion plumbum dan nitrat dalam larutan. Reaksi kimia ini memainkan peran penting dalam industri kertas dan pewarnaan kaca. Dalam konteks analisis kimia, pengetahuan tentang kelarutan senyawa berguna untuk mendeteksi keberadaan ion tertentu dalam larutan. Sebagai contoh, senyawa perak klorida ($AgCl$) tidak larut dalam air, membentuk endapan yang digunakan dalam analisis kuantitatif. Industri dan proses manufaktur juga mengandalkan pemahaman kelarutan senyawa, seperti natrium klorida ($NaCl$) yang digunakan dalam pengolahan makanan dan berbagai industri kimia.

Pemahaman sifat fisika dan kimia materi juga didasarkan pada pengetahuan tentang kelarutan senyawa. Karbondioksida (CO_2), misalnya, penting dalam fotosintesis tanaman dan digunakan dalam minuman berkarbonasi. Di bidang ilmu lingkungan, senyawa seperti timbal(II) sulfat ($PbSO_4$) yang tidak larut dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. Dalam pertanian, pemahaman kelarutan senyawa membantu merancang pupuk dan

mengelola nutrisi tanaman. Sebagai contoh, kalium nitrat (KNO_3) digunakan dalam produksi pupuk dan sebagai bahan peledak. Terakhir, dalam bidang kesehatan, senyawa seperti kalsium karbonat (CaCO_3) digunakan dalam pembuatan kapur pertanian dan ditemukan dalam batu kapur sebagai bahan bangunan.

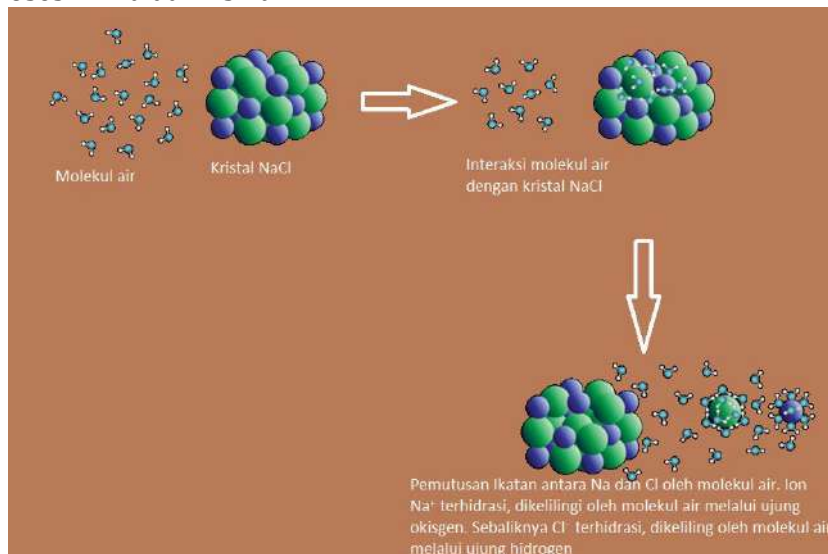
2.3.1 Larutan Senyawa Ion dalam Air

Ketika larutan natrium klorida (NaCl) dilarutkan dalam air, beberapa peristiwa fisik dan kimia terjadi:

1. Pemisahan ion natrium dan klorida:
Saat kristal NaCl masuk ke dalam air, ikatan ion antara natrium (Na^+) dan klorida (Cl^-) mulai terurai. Air, yang memiliki sifat polar, memisahkan ion-ion ini karena daya tarik elektrostatis antara ion-ion terlarut dan molekul air.
2. Hidrasi ion:
Ion-ion natrium dan klorida yang terpisah oleh air dikelilingi oleh molekul air. Proses ini disebut hidrasi. Ion natrium dikelilingi oleh molekul air dengan bagian oksigen mereka menghadap ion, sedangkan ion klorida dikelilingi dengan bagian hidrogen molekul air menghadap ion.
3. Pembentukan larutan homogen:
Ion-ion yang terhidrasi terdistribusi merata di seluruh larutan, menciptakan larutan homogen. Partikel-partikel ini sangat terdispersi sehingga tidak dapat terlihat dengan mata telanjang, dan larutan tampak jernih.
4. Pembentukan ions dalam larutan:
Proses ini dapat diwakili oleh persamaan reaksi kimia: $\text{NaCl(s)} \rightarrow \text{Na}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$. Ini menunjukkan bahwa kristal NaCl (padatan) menghasilkan ion natrium dan ion klorida yang terlarut dalam air.
5. Pembentukan larutan elektrolit:
Karena larutan mengandung ion-ion terlarut, larutan natrium klorida termasuk dalam kategori larutan elektrolit yang dapat menghantarkan arus listrik.

Secara keseluruhan, proses ini melibatkan pemisahan dan hidrasi ion-ion Na^+ dan Cl^- , membentuk larutan homogen yang

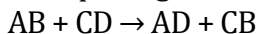
merupakan larutan elektrolit yang dapat berperan dalam berbagai proses kimia dan fisika.



Gambar 2.2. Pelarutan Kristal NaCl dalam air yang membentuk ion natrium terhidrasi dan ion klorida terhidrasi.

2.3.2 Reaksi Pengendapan

Reaksi pengendapan disebut juga sebagai reaksi penggantian ganda (*double-displacement reactions*) atau reaksi metatesis. Istilah-istilah ini digunakan secara bergantian untuk merujuk pada reaksi yang melibatkan pertukaran atau perpindahan ion-ion antara dua senyawa yang bereaksi. Reaksi penggantian ganda memiliki bentuk umum yang menunjukkan bahwa unsur-unsur dalam dua senyawa yang bereaksi saling bertukar pasangan:

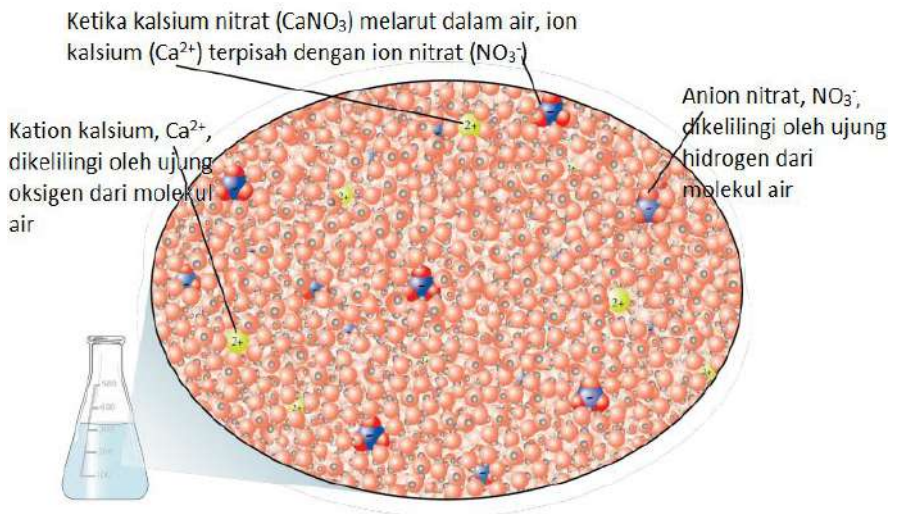


Dalam rumus ini, A dan C dapat mewakili ion atau gugus ion, dan B dan D dapat mewakili ion atau gugus ion lainnya. Hasilnya adalah dua senyawa yang baru, yaitu AD dan CB, yang masing-masing memiliki pasangan baru dari ion atau gugus ion.

Beberapa reaksi penggantian ganda, salah satu produk yang terbentuk tidak dapat larut dalam air. Ketika produk tersebut terbentuk dalam larutan, produk akan keluar atau mengendap sebagai padatan. Proses ini dikenal sebagai pengendapan dan

padatan yang terbentuk dalam proses ini disebut endapan. Contoh, ketika larutan kalsium nitrat dan natrium karbonat dicampur, kalsium karbonat, yang tidak larut dalam air, mengendap dari larutan sebagai padatan. (Sebaliknya, natrium nitrat tetap terlarut dan tidak mengendap. Proses ini memainkan peran penting dalam kimia analitik dan dapat digunakan untuk memisahkan ion-ion dalam larutan berdasarkan kelarutan.

Pertama, perhatikan partikel penyusun larutan $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$. Ingatlah bahwa ketika senyawa ion larut, ion-ion tersebut terpisah dan dikelilingi oleh molekul air. Ketika $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ larut dalam air (**Gambar 2.3**), ion Ca^{2+} terpisah dari ion NO_3^- , dengan ujung oksigen pada molekul air mengelilingi ion kalsium, dan ujung hidrogen pada molekul air mengelilingi ion nitrat.

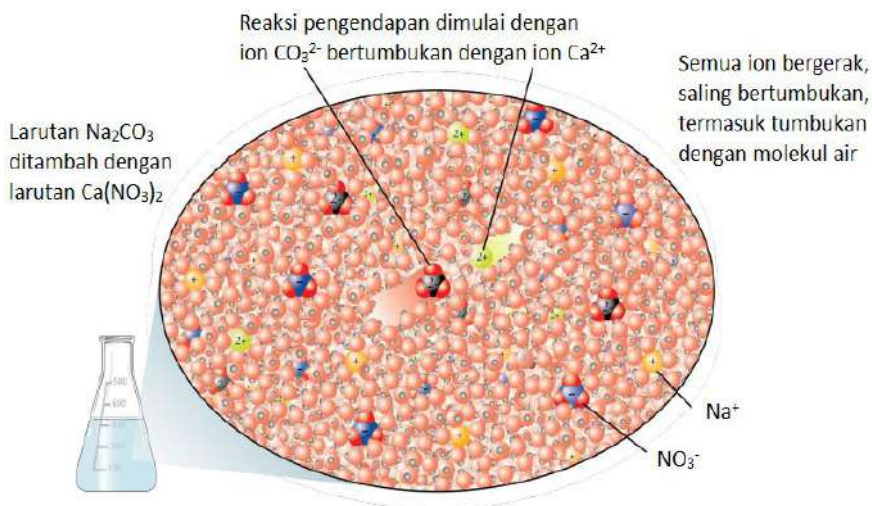


Gambar 2.3. Pelarutan kalsium nitrat dalam air membentuk ion Ca^{2+} terhidrasi dan ion NO_3^- terhidrasi.

(sumber: <https://preparatorychemistry.com/>)

Larutan natrium karbonat dalam air juga terdiri dari ion-ion yang dipisahkan dan dikelilingi oleh molekul air, seperti larutan kalsium nitrat. Pada saat larutan natrium karbonat ditambahkan ke dalam larutan kalsium nitrat, akan terdapat empat ion berbeda dalam larutan yang dikelilingi oleh molekul air: Ca^{2+} , NO_3^- , Na^+ , dan

CO_3^{2-} . Ujung oksigen dari molekul air mengelilingi ion kalsium dan natrium, dan ujung hidrogen dari molekul air mengelilingi ion nitrat dan karbonat. Sistem pada saat setelah larutan kalsium nitrat dan natrium karbonat digabungkan dan sesaat sebelum reaksi pengendapan berlangsung (**Gambar 2.4**). Karena reaksi kimia terjadi segera setelah larutan $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ dan Na_2CO_3 digabungkan, sistem empat ion yang ditunjukkan pada gambar ini hanya berlangsung dalam waktu yang sangat singkat.

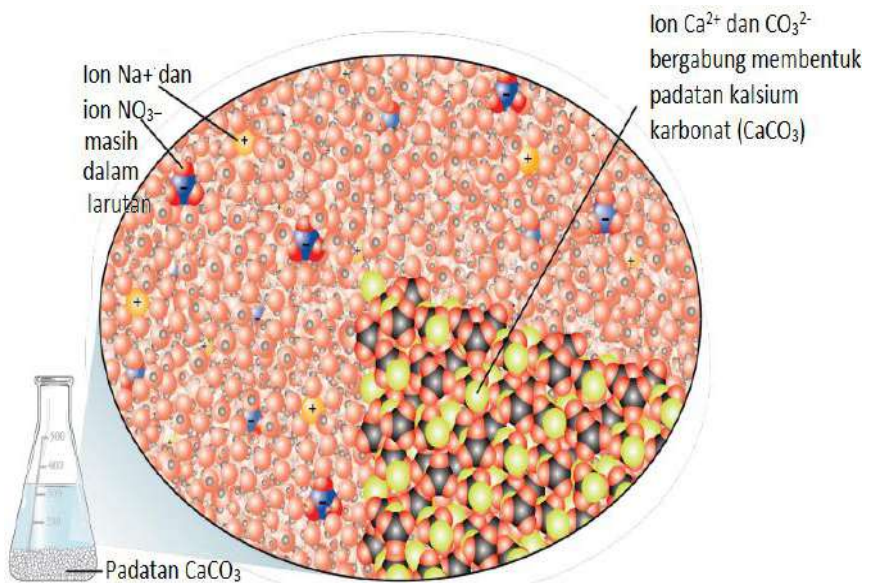


Gambar 2.4. Campuran antara larutan natrium karbonat (Na_2CO_3) dan larutan kalsium nitrat ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$).
(sumber: <https://preparatorychemistry.com/>)

Ion-ion dalam larutan bergerak secara acak, seperti partikel apa pun dalam cairan, sehingga ion-ion tersebut akan terus-menerus bertumbukan dengan ion-ion lain. Ketika dua kation atau dua anion bertumbukan, keduanya akan saling tolak menolak dan menjauh. Ketika ion kalsium dan ion nitrat bertumbukan, keduanya mungkin akan menyatu untuk waktu yang singkat, namun gaya tarik-menarik di antara keduanya terlalu lemah untuk menyatukan keduanya ketika molekul air bertabrakan dan mendorongnya terpisah. Hal yang sama berlaku untuk tumbukan antara ion

natrium dan ion karbonat. Setelah bertumbukan, keduanya tetap bersatu sesaat sebelum molekul air memecahnya lagi.

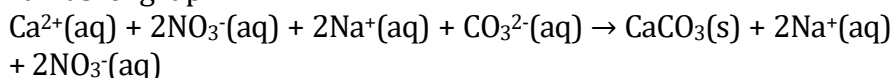
Namun, ketika ion kalsium dan ion karbonat bertumbukan, keduanya akan bertahan lebih lama karena gaya tarik-menarik di antara keduanya lebih kuat daripada gaya tarik-menarik antara pasangan ion lainnya. Keduanya pada akhirnya mungkin akan terpisah, namun saat keduanya bersatu, ion kalsium dan ion karbonat lainnya dapat bertabrakan dengannya. Ketika ion Ca^{2+} atau CO_3^{2-} lainnya bertumbukan dengan pasangan CaCO_3 , terbentuklah trio. Ion-ion lain bertabrakan dengan ketiganya untuk membentuk kelompok ion yang kemudian tumbuh menjadi kristal kecil; partikel padat yang atom, ion, atau molekul penyusunnya tersusun dalam pola yang teratur dan berulang. Banyak kristal terbentuk di seluruh sistem, sehingga padatan CaCO_3 mula-mula tampak keruh dalam campuran. Kristal-kristal tersebut akhirnya mengendap di dasar wadah (**Gambar 2.4 dan 2.5**).



Gambar 2.5. Produk campuran dari Na_2CO_3 dan larutan $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$.
(sumber: <https://preparatorychemistry.com/>)

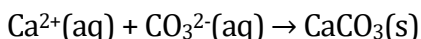
Persamaan berikutnya, yang sering disebut persamaan ion lengkap, menggambarkan bentuk-bentuk berbagai zat dalam

larutan. Senyawa ion yang terlarut dalam air digambarkan sebagai ion terpisah, dan senyawa ion yang tidak larut dijelaskan dengan rumus lengkap.

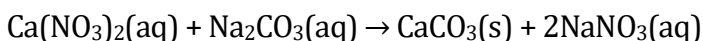


Ion natrium dan nitrat tetap tidak berubah dalam reaksi ini. Keduanya terpisah dan dikelilingi oleh molekul air pada awalnya, dan masih terpisah dan dikelilingi oleh molekul air pada akhirnya. Keduanya penting dalam mengantarkan ion kalsium dan karbonat ke dalam larutan (larutan dibuat dengan melarutkan kalsium nitrat padat dan natrium karbonat padat dalam air), namun keduanya tidak berpartisipasi aktif dalam reaksi. Ketika ion memainkan peran ini dalam suatu reaksi, ion ini disebut ion spektator.

Karena ion-ion spektator tidak terlibat dalam reaksi, sering kali tidak disertakan dalam persamaan kimia. Persamaan yang ditulis tanpa ion spektator disebut persamaan ion bersih.



Persamaan yang menunjukkan rumus lengkap untuk semua reaktan dan produk adalah:



Contoh di atas termasuk hidrasi ion-ion yang terjadi ketika ion-ion dalam senyawa ion berinteraksi dengan molekul-molekul air dari lingkungan sekitarnya. Ketika senyawa ion larut dalam air, molekul-molekul air akan mengelilingi ion-ion tersebut, menyebabkan ion-ion itu menjadi terhidrasi. Proses hidrasi ini terjadi karena sifat polar molekul air. Ion-ion yang terlarut dalam larutan air akan dikelilingi oleh molekul-molekul air yang berorientasi dengan bagian positifnya menghadap ion negatif dan bagian negatifnya menghadap ion positif.

Hidrasi ini seringkali memengaruhi sifat-sifat kimia dan fisika dari senyawa ion. Misalnya, hidrasi dapat memengaruhi kelarutan, konduktivitas listrik, serta stabilitas senyawa. Beberapa senyawa ion bahkan membentuk hidrat yang stabil di mana

molekul-molekul air terjebak dalam struktur kristal senyawa tersebut, mempengaruhi karakteristik fisik dan kimianya.

2.3.3 Memprediksi Kelarutan Senyawa dalam Air

Peraturan kelarutan memberikan pedoman untuk memprediksi apakah suatu senyawa ion akan larut (berupa senyawa yang dapat terlarut) atau membentuk endapan (senyawa yang tidak larut) dalam air. Aturan ini didasarkan pada pengamatan umum terhadap senyawa ion yang umum, dan pengecualian mungkin ada. Beberapa peraturan kelarutan untuk ion-ion umum disajikan pada **Tabel 2.5**.

Tabel 2.5. Aturan kelarutan senyawa ion dan Larutan

Senyawa	Aturan	Kecuali
Kation grup 1 (Li^+ , Na^+ , K^+ , Rb^+ , Cs^+) dan NH_4^+	Selalu larut	
Asetat (CH_3COO^-), bikarbonat (HCO_3^-), klorat (ClO_3^-), dan nitrat (NO_3^-)	Selalu larut	
Ion halida: Cl^- , Br^- , I^-	Larut dengan ion-ion (dengan pengecualian)	Tidak larut dengan Ag^+ , Hg_2^{2+} , dan Pb^{2+}
Ion sulfat: SO_4^{2-}	Larut dengan ion-ion (dengan pengecualian)	Tidak larut dengan Sr^{2+} , Ba^{2+} , Ag^+ , Hg_2^{2+} , dan Pb^{2+}
Karbonat (CO_3^{2-}), kromat (CrO_4^{2-}), fosfat (PO_4^{3-}), sulfida (S^{2-})	Tidak larut dengan kebanyakan ion	Larut dengan Li^+ , Na^+ , K^+ , dan NH_4^+
Hidroksida, OH^-	Tidak larut dengan kebanyakan ion	Larut dengan Ca^{2+} , Sr^{2+} , Ba^{2+} , Li^+ , Na^+ , K^+ , dan NH_4^+

Memprediksi kelarutan senyawa dalam air dapat dilakukan dengan merujuk pada aturan kelarutan umum. Meskipun aturan ini bersifat umum dan terdapat pengecualian, mereka memberikan pedoman awal untuk menentukan apakah suatu senyawa akan larut atau tidak larut dalam air. Berikut adalah beberapa langkah umum untuk memprediksi kelarutan senyawa:

1. Periksa jenis senyawa:
Kenali jenis senyawa yang akan diuji. Coba identifikasi apakah senyawa tersebut ion atau molekul.
2. Gunakan aturan kelarutan yang ditunjukkan pada **Tabel 2.5**:
Terapkan aturan kelarutan umum untuk berbagai ion dan gugus ion. Beberapa aturan yang
3. Perhatikan perkecualian:
Sadari bahwa ada perkecualian terhadap aturan kelarutan. Beberapa senyawa mungkin menunjukkan kelarutan yang tidak sesuai dengan aturan umum.
4. Perhatikan konsentrasi ion dalam larutan:
Faktor lain yang memengaruhi kelarutan adalah konsentrasi ion-ion dalam larutan. Untuk senyawa yang umumnya tidak larut, terdapat batas kelarutan di mana larutan jenuh terbentuk.
5. Pertimbangkan pengaruh suhu:
Suhu juga dapat memengaruhi kelarutan senyawa. Beberapa senyawa menjadi lebih larut dengan meningkatnya suhu, sementara yang lain menjadi kurang larut.
6. Gunakan data eksperimental:
Jika mungkin, periksa data kelarutan eksperimental atau tabel kelarutan untuk senyawa tertentu. Ini dapat memberikan informasi lebih akurat terkait kelarutan dalam kondisi tertentu.

Reaksi Kimia: Fotosintesis Terumbu Karang dan Respirasi Ekosistem Laut

reaksi kimia yang terjadi pada gangguan siklus karbon dan keseimbangan ekosistem laut karena kerusakan terumbu karang terkait dengan proses fotosintesis dan respirasi dalam ekosistem laut.

1. Fotosintesis pada Terumbu Karang: Terumbu karang, terutama polip karang (organisme kecil yang membentuk terumbu karang), melakukan fotosintesis dengan bantuan alga simbiotiknya. Selama fotosintesis, karbon dioksida (CO_2) diambil dari air laut oleh alga simbiotik dan polip karang untuk menghasilkan glukosa sebagai sumber energi, sementara oksigen (O_2) dilepaskan ke lingkungan.
2. Respirasi dalam Ekosistem Laut: Selain fotosintesis, organisme laut juga melakukan respirasi. Selama proses respirasi, oksigen digunakan untuk mengoksidasi glukosa dalam proses metabolisme, menghasilkan energi yang diperlukan untuk kehidupan. Dalam proses ini, CO_2 dilepaskan ke lingkungan.

Kerusakan terumbu karang seperti di desa Tikong, Kec. Taliabu Utara, Provinsi Maluku Utara, menyebabkan penurunan kegiatan fotosintesis alga simbiotik dan polip karang. Akibatnya, penyerapan CO_2 dari air laut melalui fotosintesis berkurang. Di sisi lain, karena terumbu karang yang rusak mengalami dekomposisi dan kerusakan organisme-organismenya, proses respirasi masih berlangsung, melepaskan CO_2 ke lingkungan. Keseimbangan siklus karbon di terumbu karang terganggu karena pengurangan fotosintesis (yang dapat menyerap CO_2) dan peningkatan respirasi (yang melepaskan CO_2). Hal ini berkontribusi pada peningkatan konsentrasi CO_2 dalam air laut, yang memiliki dampak negatif pada ekosistem laut secara keseluruhan. Kenaikan konsentrasi CO_2 di air laut juga berdampak pada perubahan iklim global. Apa yang terjadi jika batu karang secara masif diangkat dan dijadikan sebagai campuran batako dan fondasi rumah? **Mari selamatkan batu karang!**

DAFTAR PUSTAKA

- Brady, J. E., Russell, J. W., & Holum, J. R. (2000). Chemistry: matter and its changes.
- Chapter 4 An Introduction To Chemical Reactions. https://preparatorychemistry.com/4_Bishop_Introduction_Chemistry.pdf
- La Kilo, A. (2017). Solusi rumus derajat keasaman reaksi asam basa pada larutan penyangga dengan metode mol awal (rumus akram). PATEN, 8, 1065.
- La Kilo, A., 2018. Kimia Anorganik: Struktur dan Kereaktifan. *Gorontalo: UNGPress*.
- La Kilo, A., Costanzo, A., Mazza, D., Martoprawiro, M. A., Prijamboedi, B., & Ismunandar, I., 2019. Highest Ionic Conductivity of BIMEVOX (ME= 10% Cu, 10% Ga, 20% Ta): Computational Modeling and Simulation. *Indonesian Journal of Chemistry*, 20(3), 510-519.
- Soult, A., 2023. *Types of Chemical Reactions*, https://chem.libretexts.org/Courses/Valley_City_State_University/Chem_121/Chapter_5%3A_Introduction_to_Redox_Chemistry/5.3%3A_Types_of_Chemical_Reactions
- <https://chat.openai.com/>

BAB 3

GAS

Oleh Neny Rochyani

3.1 Pendahuluan

Sifat-sifat gas mencakup karakteristik fisik dan perilaku dari materi dalam bentuk gas. Memahami sifat-sifat ini memungkinkan kita untuk merumuskan hukum-hukum dan aplikasi yang berkaitan dengan gas. Berikut adalah penjelasan detil tentang sifat-sifat gas:

Sifat-sifat Gas:

1. Kelarutan:

Gas dapat larut dalam cairan tertentu. Kelarutan gas dalam cairan dipengaruhi oleh tekanan dan suhu. Hukum Henry menyatakan bahwa jumlah gas yang larut dalam suatu cairan pada suhu tertentu berbanding lurus dengan tekanan gas tersebut.

2. Kompresibilitas:

Gas memiliki ruang antara partikel-partikelnya yang besar sehingga dapat dengan mudah dikompresi. Pada peningkatan tekanan, volume gas dapat berkurang secara signifikan. Ini terkait dengan hukum Boyle yang menyatakan bahwa pada suhu tetap, tekanan gas berbanding terbalik dengan volume gas.

3. Diffusi dan Permeabilitas:

Gas cenderung menyebar secara merata di ruang yang tersedia, fenomena yang dikenal sebagai difusi. Selain itu, gas memiliki kemampuan untuk menembus material tertentu yang dikenal sebagai permeabilitas.

4. Pengaruh Suhu dan Tekanan:

Suhu dan tekanan memiliki pengaruh besar terhadap sifat-sifat gas. Pada suhu yang lebih tinggi, partikel-partikel gas akan memiliki energi kinetik yang lebih tinggi, meningkatkan kecepatan mereka. Pada tekanan yang lebih tinggi, volume gas akan berkurang.

5. Elastisitas dan Tumbukan:

Partikel-partikel gas mengalami tumbukan secara elastis di antara satu sama lain dan dengan dinding wadah tempat mereka berada. Tumbukan-tumbukan ini menghasilkan tekanan gas dan juga menjelaskan mengapa gas menempati seluruh wadah yang mereka isi.

6. Massa Jenis yang Rendah:

Gas memiliki massa jenis yang rendah dibandingkan dengan zat padat dan cair. Mereka memiliki kepadatan yang jauh lebih rendah dan bisa dengan mudah mengalir.

7. Gas Ideal vs. Gas Nyata:

Gas ideal adalah model teoritis yang mematuhi hukum-hukum gas tanpa adanya interaksi antara partikel-partikelnya. Sementara itu, gas nyata memiliki interaksi antar partikel yang dapat mengubah perilaku gas dari model ideal.

Memahami sifat-sifat gas adalah kunci dalam memahami perilaku dan aplikasi gas dalam berbagai bidang, mulai dari ilmu kimia dan fisika hingga industri dan lingkungan. Sifat-sifat ini juga menjadi dasar bagi hukum-hukum gas yang penting dalam memahami perilaku sistem gas pada berbagai kondisi.

3.2 Hukum Hukum Gas

Terdapat beberapa hukum yang membantu menjelaskan perilaku gas di berbagai kondisi. Ini termasuk:

1. Hukum Boyle:

Pernyataan Hukum: Pada suhu konstan, tekanan gas berbanding terbalik dengan volumenya.

Hukum Boyle menyatakan bahwa jika suhu gas tetap konstan, tekanan gas akan meningkat saat volume gas dikurangi, dan sebaliknya. Ini menggambarkan hubungan langsung antara tekanan dan volume gas.

2. Hukum Charles:

Menyatakan bahwa pada tekanan konstan, volume gas berbanding lurus dengan suhu dalam kondisi ideal.

Hukum Charles menyatakan bahwa jika tekanan gas tetap konstan, volume gas akan meningkat seiring dengan

- meningkatnya suhu gas dan sebaliknya, ketika suhu turun, volume gas akan menurun.
3. Hukum Avogadro:
Menyatakan bahwa Volume gas berbanding lurus dengan jumlah mol gas pada kondisi dan tekanan yang sama.
Hukum Avogadro menjelaskan bahwa jika tekanan dan suhu gas tetap konstan, jumlah mol gas (jumlah partikel) akan berbanding lurus dengan volume gas. Ini berarti jika jumlah mol gas meningkat, volume gas yang ditempati juga akan meningkat.
 4. Hukum Ideal Gas:
Hukum ini menggabungkan Hukum Boyle, Hukum Charles, dan Hukum Avogadro dalam bentuk yang lebih umum. Hukum gas ideal menyatakan bahwa volume gas berbanding lurus dengan jumlah mol gas, suhu, dan konstanta gas.
Hukum ini hanya berlaku dalam kondisi ideal, di mana tidak ada interaksi antarpartikel gas dan volume mereka mendekati nol. Gas ideal adalah model teoritis yang membantu memahami perilaku gas dalam berbagai kondisi.
Hukum-hukum ini membentuk dasar bagi ilmu gas atau termodinamika gas. Mereka memberikan panduan untuk memprediksi dan memahami bagaimana gas akan bereaksi dan berperilaku di bawah berbagai kondisi tekanan, volume, dan suhu. Hukum-hukum ini juga penting dalam pengembangan teknologi, termasuk dalam pembangkit energi, industri kimia, dan pengembangan teknologi lingkungan.

3.3 Proses Gas

Proses-proses gas mengacu pada perubahan yang terjadi pada gas yang dapat dipahami melalui perubahan pada variabel seperti tekanan, volume, suhu, dan jumlah gas. Berikut adalah penjelasan detail tentang beberapa proses gas yang umum:

1. Proses Isobarik:
Proses dimana tekanan gas tetap konstan sementara volume atau suhu berubah.

Contoh: Saat gas dijaga pada tekanan konstan, jika suhu dinaikkan, volumenya akan meningkat, dan sebaliknya, jika suhu diturunkan, volumenya akan menurun.

2. Proses Isoterma:

Proses dimana suhu gas tetap konstan sementara tekanan atau volume berubah.

Contoh: Misalnya, jika gas dijaga pada suhu konstan, dan tekanan gas dinaikkan, volumenya akan menurun. Begitu juga sebaliknya, jika tekanan diturunkan, volumenya akan meningkat.

3. Proses Adiabatik:

Proses dimana tidak ada pertukaran panas antara gas dan lingkungannya.

Contoh: Ketika gas mengalami perubahan tekanan dan volume tanpa ada perpindahan panas ke atau dari lingkungan, seperti dalam proses ekspansi adiabatik dari gas dalam sebuah silinder yang terisolasi.

5. Proses Isokorik (Isovolumetrik):

Proses dimana volume gas tetap konstan sementara tekanan atau suhu berubah.

Contoh: Saat gas berada dalam ruang yang rapat sehingga volumenya tidak dapat berubah. Jika suhu dinaikkan, tekanan gas akan meningkat, dan sebaliknya, jika suhu diturunkan, tekanan gas akan menurun.

6. Proses Reversibel dan Irreversibel:

Proses reversibel adalah proses yang bisa dibalik dengan sempurna dan tidak meninggalkan perubahan permanen. Proses irreversibel adalah proses yang tidak bisa dibalikkan sepenuhnya dan biasanya menghasilkan perubahan permanen. contoh: Sebagian besar proses gas dalam kehidupan nyata cenderung lebih bersifat irreversibel, seperti pembakaran bahan bakar dalam mesin mobil.

7. Proses Adiabatik Lurus:

Proses dimana tidak ada perubahan dalam jumlah panas yang diberikan atau ditarik dari sistem.

Contoh: Ketika tidak ada panas yang masuk atau keluar dari sistem selama proses perubahan gas, ini mengikuti hukum termodinamika khusus untuk gas ideal.

Memahami berbagai proses ini membantu dalam menganalisis dan memahami perubahan gas dalam berbagai kondisi. Proses-proses ini menjadi penting dalam pemodelan sistem gas, perencanaan sistem pemanasan dan pendinginan, serta dalam pengembangan teknologi energi dan mesin.

3.4 Gas Dalam Kehidupan

Gas memiliki peran yang sangat penting dalam kehidupan sehari-hari manusia. Baik dalam bidang industri, lingkungan, teknologi, maupun aplikasi rumah tangga, gas memiliki beragam peran yang sangat signifikan. Berikut adalah penjelasan detail tentang peran gas dalam kehidupan manusia:

1. Energi dan Pembangkit Listrik:

Gas alam (methane) dan propana digunakan sebagai sumber energi untuk memasak, pemanas, dan pembangkit listrik.

Pembangkit listrik tenaga gas (PLTG) dan pembangkit listrik tenaga gas terkompresi (PLTGU) menggunakan gas sebagai bahan bakar untuk menghasilkan listrik.

2. Industri Kimia:

Gas digunakan dalam berbagai proses industri kimia seperti produksi amonia, hidrogen, dan etilena.

Proses oksigenasi, nitrogenasi, dan hidrogenasi memerlukan gas-gas tertentu untuk sintesis zat kimia.

3. Teknologi Medis:

Gas medis seperti oksigen, nitrogen, dan nitrous oksida digunakan dalam perawatan medis, anestesi, serta terapi oksigen bagi pasien yang membutuhkan.

4. Pemrosesan Makanan:

Industri makanan menggunakan gas untuk mengawetkan, mendinginkan, dan memproses makanan.

Karbon dioksida sering digunakan dalam minuman berkarbonasi seperti soda dan bir.

5. Transportasi:

Gasoline dan bahan bakar kendaraan lainnya menggunakan campuran gas untuk membantu mesin mobil berjalan.

Gas hidrogen dianggap sebagai sumber energi masa depan untuk kendaraan berbahan bakar sel.

6. Aplikasi Rumah Tangga:

Gas dipakai dalam pemanas air, pemanas ruangan, kompor gas, dan alat-alat rumah tangga lainnya.

Penggunaan gas LPG (*Liquefied Petroleum Gas*) sangat umum dalam kegiatan sehari-hari di banyak rumah.

7. Ilmu Pengetahuan dan Penelitian:

Gas menjadi bahan dasar untuk penelitian ilmiah di berbagai bidang seperti fisika, kimia, dan biologi.

Penggunaan gas sebagai bahan dalam reaksi kimia dan eksperimen di laboratorium sangat umum.

8. Penggunaan Lingkungan:

Gas dapat digunakan sebagai sumber energi terbarukan dalam bentuk biomethane yang dihasilkan dari limbah organik.

Pembuangan dan pengelolaan gas-gas seperti metana dari tempat pembuangan sampah menjadi fokus untuk mengurangi dampak lingkungan.

Dalam kehidupan sehari-hari, gas berperan dalam banyak aspek yang membantu memudahkan aktivitas manusia, mendukung proses produksi, memperluas cakupan teknologi, dan membantu pemeliharaan kesehatan. Memahami peran gas dalam kehidupan memungkinkan kita untuk memanfaatkannya secara lebih efisien dan bertanggung jawab untuk keberlanjutan lingkungan dan kesejahteraan manusia.

3.5 Gas Dan Lingkungan

Peran gas dalam lingkungan sangatlah penting, tetapi gas-gas tertentu juga dapat memiliki dampak yang signifikan terhadap lingkungan jika tidak dikelola dengan baik. Berikut adalah penjelasan detail tentang hubungan antara gas dan lingkungan:

1. Gas Rumah Kaca:

Beberapa gas seperti karbon dioksida (CO_2), metana (CH_4), nitrous oksida (N_2O), dan uap air menjadi gas rumah kaca alami yang memainkan peran dalam menjaga suhu bumi.

Namun, peningkatan konsentrasi gas-gas ini akibat aktivitas manusia, seperti pembakaran bahan bakar fosil dan deforestasi, dapat menyebabkan pemanasan global dan perubahan iklim yang merugikan lingkungan.

2. Polutan Udara:

Gas-gas seperti sulfur dioksida (SO_2), nitrogen oksida (NO_x), karbon monoksida (CO), dan partikel-partikel yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar fosil dan industri dapat menyebabkan pencemaran udara.

Polutan udara ini dapat menyebabkan masalah kesehatan manusia, kerusakan lingkungan, hingga terbentuknya hujan asam.

3. Kualitas Udara dalam Ruangan:

Gas-gas seperti radon dan formaldehida dapat ditemukan dalam rumah dan gedung-gedung tertutup. Konsentrasi tinggi gas ini dapat berdampak buruk pada kesehatan manusia.

Perbaikan sirkulasi udara dan penggunaan bahan-bahan konstruksi yang aman dapat membantu mengurangi risiko paparan gas-gas berbahaya ini.

4. Manajemen Limbah Gas:

Pengelolaan limbah gas dari industri, tempat pembuangan sampah, dan proses-proses lainnya sangat penting untuk mencegah pelepasan gas-gas beracun ke lingkungan.

Teknologi-teknologi seperti sistem pemurnian gas dan penangkapan karbon diperlukan untuk mengurangi emisi gas berbahaya.

5. Penggunaan Energi Alternatif:

Pemanfaatan energi terbarukan seperti energi surya, energi angin, dan energi hidroelektrik yang mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dapat mengurangi emisi gas rumah kaca.

6. Konservasi Sumber Daya Alam:

Perlindungan hutan dan pengelolaan sumber daya alam seperti lahan gambut dan rawa-rawa penting untuk mencegah pelepasan gas-gas yang terperangkap di dalamnya ke atmosfer.

7. Pengembangan Teknologi Bersih:

Pengembangan teknologi ramah lingkungan dan penggunaan sumber energi yang lebih efisien adalah langkah penting dalam mengurangi dampak gas terhadap lingkungan.

9. Pengawasan dan Kebijakan Lingkungan:

Pentingnya pengawasan dan kebijakan lingkungan yang ketat oleh pemerintah dan lembaga internasional untuk mengatur emisi gas berbahaya dan melindungi lingkungan.

Memahami interaksi antara gas dan lingkungan adalah kunci dalam mengembangkan strategi untuk mengurangi dampak negatif gas terhadap lingkungan. Tindakan pencegahan, pengembangan teknologi ramah lingkungan, serta kebijakan yang bijaksana dapat membantu menjaga keseimbangan lingkungan dan kesejahteraan manusia.

3.6 Pengukuran Gas

Pengukuran gas adalah proses penting dalam menentukan jumlah, kualitas, atau karakteristik gas tertentu dalam berbagai situasi. Berikut adalah penjelasan detail tentang pengukuran gas:

1. Pengukuran Volume Gas:

Tingkat Perpindahan:

Menggunakan alat seperti tabung U, tabung gradien, atau alat pengukur lainnya untuk mengukur volume gas yang dipindahkan dari satu tempat ke tempat lain.

Pengukuran Alat:

Gunakan alat seperti tabung ukur atau bejana yang memiliki skala terukur untuk menentukan volume gas dengan akurasi tertentu.

2. Pengukuran Tekanan Gas:

Manometer:

Alat yang digunakan untuk mengukur tekanan gas, biasanya dalam satuan seperti psi, bar, mmHg, atau Pascal.

Transduser Tekanan:

- Sensor elektronik yang mengubah tekanan menjadi sinyal listrik yang dapat diukur dan ditampilkan pada perangkat elektronik.
3. Pengukuran Suhu Gas:
Termometer:
Pengukur suhu yang dapat digunakan untuk mengukur suhu gas, yang dapat diekspresikan dalam derajat Celsius, Fahrenheit, atau Kelvin.
Sensor Suhu:
Sensor elektronik seperti termokopel atau termistor yang mengubah perubahan suhu menjadi sinyal listrik untuk pengukuran.
 4. Analisis Komposisi Gas:
Spektroskopi:
Metode yang menggunakan analisis spektrum cahaya yang diemisikan atau diserapkan oleh gas untuk mengidentifikasi komposisi gas.
Analisis Kimia:
Metode kimia yang melibatkan reaksi spesifik untuk mengidentifikasi atau mengukur jumlah gas tertentu dalam sampel.
 5. Pengukuran Massa Gas:
Timbangan:
Digunakan untuk mengukur massa gas dalam keadaan tertentu, terutama dalam aplikasi laboratorium.
Analisis Berat Molekul:
Metode yang melibatkan pengukuran massa gas untuk menentukan berat molekul relatif gas tersebut.
 6. Teknologi Sensor Gas:
Sensor Gas:
Sensor yang didesain khusus untuk mendeteksi keberadaan atau konsentrasi gas tertentu dalam lingkungan.
Sensor Elektrokimia atau Optik:
Sensor-sensor yang menggunakan prinsip elektrokimia atau optik untuk mengidentifikasi gas spesifik.
 7. Pengukuran Emisi Gas:
Analisis Emisi:

Metode untuk mengukur jumlah gas yang dilepaskan oleh sumber tertentu, seperti kendaraan atau pabrik.

Analisis Lingkungan:

Penggunaan perangkat dan teknik khusus untuk memantau konsentrasi gas di lingkungan tertentu, seperti udara atau air.

Pengukuran gas merupakan langkah penting dalam berbagai bidang mulai dari ilmu pengetahuan hingga industri.

Penggunaan teknik-teknik ini membantu dalam memahami karakteristik gas, mengontrol proses industri, memastikan keamanan lingkungan, serta memantau kualitas udara dan air untuk menjaga kesehatan manusia dan ekosistem.

3.7 Kesimpulan

Memahami gas sebagai suatu ilmu pengetahuan yang penting memberikan konsekuensi aplikasinya dalam berbagai bidang kehidupan. Dari industri hingga lingkungan, pemahaman mendalam tentang sifat-sifat gas sangat penting untuk pengembangan teknologi, menjaga lingkungan, dan meningkatkan kualitas hidup.

DAFTAR PUSTAKA

- Atkins, P., & de Paula, J. (2018). *Atkins' Physical Chemistry*. Oxford University Press.
- Silbey, R. J., Alberty, R. A., & Bawendi, M. G. (2004). *Physical Chemistry*. Wiley.
- Engel, T., & Reid, P. (2013). *Physical Chemistry*. Pearson.
- Levine, I. N. (2009). *Physical Chemistry*. McGraw-Hill Education.
- Cengel, Y. A., & Boles, M. A. (2014). *Thermodynamics: An Engineering Approach*. McGraw-Hill Education.
- Kell, G. S. (2015). *The Properties of Gases and Liquids*. CRC Press.
- Hinshelwood, C. N., & Bader, R. F. (2013). *The Structure of Physical Chemistry*. World Scientific.
- Smith, J. A., et al. (2020). "Understanding Gas Behavior at High Pressures." *Journal of Physical Chemistry C*, 124(25), 13648-13660.
- Brown, P., et al. (2018). "Gas Emissions and Their Impact on Air Quality: A Review." *Environmental Science and Pollution Research*, 25(15), 14377-14393.
- Johnson, R. W., et al. (2016). "Gas Kinetics in Combustion Reactions." *Combustion and Flame*, 163, 152-168.
- Patel, S., et al. (2019). "Gas Sensing Technologies: Recent Advances and Future Perspectives." *Sensors and Actuators B: Chemical*, 281, 183-210.
- Liu, Y., et al. (2017). "Gas Phase Reaction Mechanisms: Recent Developments and Applications." *Chemical Reviews*, 117(22), 8272-8325.

BAB 4

ELEKTRON DALAM ATOM

Oleh A Asmawati S

4.1 Pendahuluan

Elektron dalam atom membahas bagaimana partikel subatomik ini berperan dalam struktur atom dan sifat-sifat materi. Pemahaman tentang elektron sangat penting dalam kimia dan fisika, karena elektron memainkan peran kunci dalam menentukan sifat-sifat kimia suatu unsur dan interaksi antar unsur. Pemahaman tentang elektron dalam atom menjadi dasar bagi banyak konsep dalam kimia modern, seperti pembentukan ikatan kimia, sifat-sifat periodik unsur, dan reaktivitas kimia. Dengan menggali lebih dalam konsep ini, kita dapat memahami lebih baik struktur atom dan bagaimana interaksi antar atom membentuk berbagai senyawa dan materi yang kita temui dalam kehidupan sehari-hari. Elektron tidak memiliki komponen atau sub struktur dasar yang diketahui

Elektron dalam atom memiliki peran yang sangat penting dalam menentukan sifat-sifat kimia dan perilaku materi. Berikut adalah beberapa aspek utama dalam pembahasan tentang elektron dalam atom:

1. Model Atom
2. Struktur Elektron
3. Sifat-sifat Elektron
4. Prinsip Eksklusi Pauli
5. Bilangan Kuantum
6. Prinsip Aufbau
7. Konsep Orbital dan Bentuk Molekul
8. Sifat Gelombang-Partikel Elektron
9. Interaksi Elektron dalam Reaksi Kimia

4.2 Model Atom

Atom adalah satuan unit terkecil dari sebuah unsur yang memiliki sifat-sifat dasar tertentu. Setiap atom terdiri dari sebuah inti kecil yang terdiri dari proton dan neutron dan sejumlah elektron pada jarak yang jauh. Mempelajari tentang teori atom sangatlah penting sebab atom merupakan penyusun materi yang ada di alam semesta. Dengan memahami atom kita dapat mempelajari bagaimana satu atom dengan yang lain berinteraksi, mengetahui sifat-sifat atom, dan sebagainya sehingga kita dapat memanfaatkan alam semesta untuk kepentingan umat manusia.

Nama “atom” berasal dari bahasa Yunani yaitu “atomos” diperkenalkan oleh Democritus yang artinya tidak dapat dibagi lagi atau bagai terkecil dari materi yang tidak dapat dibagi lagi. Konsep atom yang merupakan penyusun materi yang tidak dapat dibagi lagi pertama kali diperkenalkan oleh ahli filsafat Yunani dan India. Konsep atom yang lebih modern muncul pada abad ke 17 dan 18 dimana saat itu ilmu kimia mulai berkembang. Para ilmuwan mulai menggunakan teknik menimbang untuk mendapatkan pengukuran yang lebih tepat dan menggunakan ilmu fisika untuk mendukung perkembangan teori atom.

4.2.1 Dalton

Pada tahun 1803, seorang guru dan ilmuwan Inggris yang bernama John Dalton mengemukakan teorinya yang disebut teori atom Dalton yang telah merubah arah ilmu kimia. Teori atom Dalton didasarkan pada dua hukum alam yaitu : Hukum kekekalan Massa yang menyatakan : Massa total zat-zat sebelum reaksi akan selalu sama dengan massa total zat-zat hasil reaksi.

Mengenai atom, Dalton berasumsi:

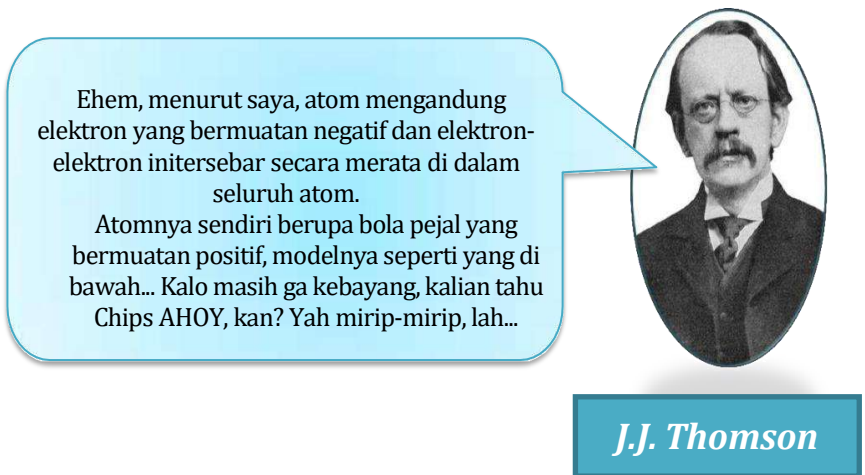
1. Materi Tersusun Atas Partikel-Partikel Yang Sangat Padat Dan Kecil Yang Tidak Dapat Dipecah-Pecah Lagi. Partikel Itulah Yang Dinamakan **ATOM**,
2. Atom-Atom Suatu Unsur Identik Dalam Segala Hal, Tetapi Berbeda Dengan Atom-Atom Unsur Lain,
3. Dalam Reaksi Kimia Terjadi Penggabungan Atau Pemisahan

- Dan Penataulangan Atom-Atom Dari Satu Komposisi Ke Komposisi Lain,
4. Atom Dapat Bergabung Dengan Atom Lain Membentuk Suatu Molekul Dengan Perbandingan sederhana.

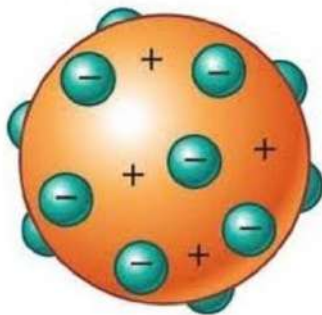


Gambar 4.1. Definisi atom menurut Dalton
(Susilowati & Hanjani, 2013)

4.2.2 J.J. Thomson



J.J. Thomson $\Rightarrow$ 1897 $\Rightarrow$ menemukan elektron, partikel subatom pertama. J.J. Thomson yang pertama meletakkan elektron sebagai bagian dari struktur menyempurnakan model atom yang dikemukakan Dalton. J.J Thomson jugalah yang menunjukkan partikel bermuatan negatif tersebar dalam lingkungan yang bermuatan positif, tanpa menyebutkan adanya proton.



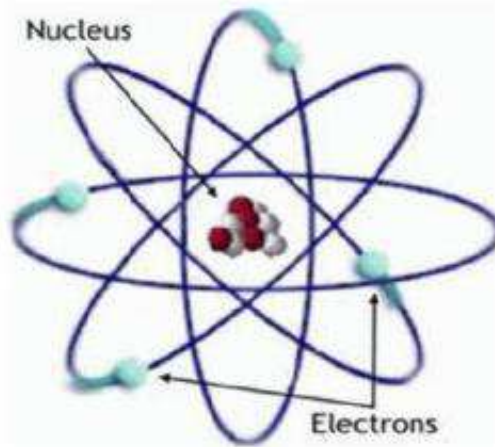
Gambar 4.2. Atom Model Thomson

Hasil percobaan J.J Thomson menunjukkan bahwa sinar katode dapat dibelokkan ke arah kutub positif medan listrik. Hal ini membuktikan terdapat partikel bermuatan negatif dalam suatu atom. Berdasarkan temuan tersebut, J.J Thomson mengemukakan teori atom dan memperbaiki model atom Dalton. Menurut Thomson, atom berbentuk bulat dimana muatan listrik positif tersebar merata dalam atom netralkan elektron-elektron yang berada di anatar muatan positif. (Yusuf, 2018)

4.2.3 Ernest Rutherford

1. Sebagian besar massa dan seluruh muatan positif yang terdapat dalam atom terpusat di wilayah yang sangat kecil yang disebut inti atom. Atom itu sendiri sebagian besar merupakan ruangan kosong
2. Besarnya muatan positif adalah berbeda antar satu atom dengan atom lainnya
3. Banyaknya elektron di sekitar inti atom sama dengan banyaknya muatan positif pada inti atom. Atom itu sendiri secara keseluruhan bersifat netral ($\Sigma p = \Sigma e$)

Teori atom Rutherfords: “Atom terdiri dari inti atom yang sangat kecil dan bermuatan positif, dikelilingi oleh elektron yang bermuatan negatif.” diilustrasikan seperti gambar berikut:



Gambar 4.3. Model Atom Rutherford
(Purnawan, 2013)

4.2.4 Niels Bohr

Kelemahan dari Rutherford diperbaiki oleh Niels Bohr dengan percobaannya menganalisa spektrum warna dari atom hidrogen yang berbentuk garis. Hipotesis Bohr adalah :

1. Atom terdiri dari inti yang bermuatan positif dan dikelilingi oleh elektron yang bermuatan negatif di dalam suatu lintasan.
2. Elektron dapat berpindah dari satu lintasan ke yang lain dengan menyerap atau memancarkan energi sehingga energi elektron atom itu tidak akan berkurang. Jika berpindah lintasan ke lintasan yang lebih tinggi maka elektron akan menyerap energi.

Jika beralih ke lintasan yang lebih rendah maka akan memancarkan energi. Kelebihan atom Bohr adalah bahwa atom terdiri dari beberapa kulit untuk tempat berpindahnya elektron. Kelemahan model atom ini adalah: tidak dapat menjelaskan

spektrum warna dari atom berelektron banyak. Sehingga diperlukan model atom yang lebih sempurna dari model atom Bohr (N A. , 2018).

4.2.5 Teori Atom Modern

Setelah melewati abad ke-20, **teori atom** kemudian mengalami masa dimana semakin terang benderang. Dikatakan demikian karena penelitian dan pengamatan paling baru terus berkembang dan semakin sempurna dalam menjelaskan bentuk fisik dari atom itu sendiri.

Model atom atau bentuk atom yang kemudian diyakini oleh masyarakat modern atau masyarakat saat ini, termasuk juga kita. Pada dasarnya merupakan teori yang dikemukakan oleh Erwin Schrodinger dan menyempurnakan teori dari Bohr, teori modern ini pertama kali dikemukakan pada 1926 dan berlaku sampai sekarang.

Oleh Schrodinger kemudian dijelaskan bahwa partikel tidak hanya berbentuk gelombang, namun juga gelombang probabilitas. Kedudukan dari elektron yang melingkari atau mengelilingi inti atom pada dasarnya tidak pasti. Sehingga kedudukan yang dimiliki masuk ke dalam kategori gelombang probabilitas.

Sehingga tidak mungkin bisa menemukan kedudukan pasti dari suatu awan elektron yang mengelilingi inti atom. Satu hal yang bisa disimpulkan adalah kedudukan tersebut merupakan kebolehjadian elektron, sehingga kedudukannya tidak pasti dan tidak dapat ditetapkan ada di lintasan dan kulit bagian mana.

Melalui penjelasan detail mengenai perkembangan **teori atom** di atas, kemudian bisa kita ketahui apa saja partikel yang menyusun sebuah atom. Lebih tepatnya struktur dari atom tersebut seperti apa. Diketahui ada tiga partikel yang menyusun struktur atom, yaitu:

1. Elektron
2. Proton
3. Neutron

(Deepublish, 2023)

4.3 Elektron

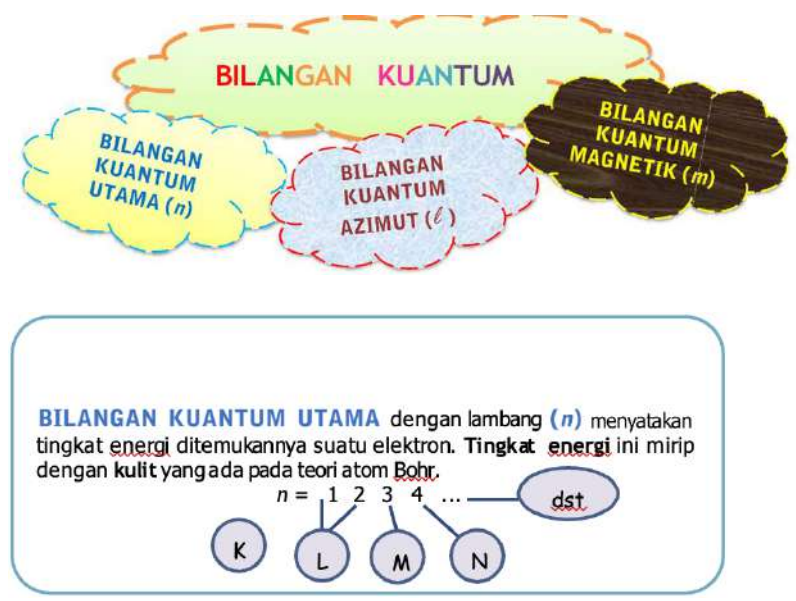
Elektron adalah partikel subatom bermuatan negatif dan sering ditulis sebagai e^- . Elektron tidak memiliki komponen atau sub struktur dasar yang diketahui, sehingga dikatakan sebagai partikel elementer. Sebuah elektron memiliki massa $1/1836$ proton. Momentum sudut intrinsik (spin) elektron adalah setengah dari nilai bilangan bulat dalam satuan, yang berarti itu adalah fermion. Dalam banyak fenomena fisika, seperti listrik, magnet dan konduksi termal, elektron memainkan peran yang sangat penting. Sebuah elektron yang bergerak relatif terhadap pengamat akan menghasilkan medan magnet dan jalur elektron juga akan dibelokkan oleh medan magnet luar. Ketika sebuah elektron dipercepat, ia dapat menyerap atau memancarkan energi dalam bentuk foton. Secara teoritis, sebagian besar elektron di alam semesta dihasilkan dalam Big Bang (ledakan besar), tetapi mereka juga dapat dihasilkan oleh peluruhan beta isotop radioaktif serta dalam tumbukan energik tinggi, seperti ketika sinar kosmik memasuki atmosfer. (N K., 2021)

4.4 Sifat Elektron

JJ Thomson, seorang ilmuwan Inggris, menemukan elektron pada tahun 1897 saat meneliti sinar katoda. Penemuannya tentang elektron, yang pertama kali ia beri nama sel darah, merevolusi pemahaman kita tentang struktur atom. Dalam keadaan normal, gaya tarik-menarik antara muatan listrik yang berlawanan mengikat elektron ke inti atom yang bermuatan positif. Jumlah elektron dalam atom netral sama dengan jumlah muatan positif pada inti atom. Sebaliknya, atom apa pun mungkin memiliki elektron lebih banyak atau lebih sedikit daripada muatan positif, menjadikannya bermuatan negatif atau positif secara keseluruhan; ion adalah atom bermuatan ini. Beberapa elektron tidak terikat dengan atom dan berada dalam keadaan bebas dengan ion dalam bentuk plasma.

Elektron berputar mengelilingi inti dalam susunan orbital yang teratur dalam atom tertentu, dengan gaya tarik-menarik antara elektron dan inti mengatasi gaya tolak menolak antar elektron yang akan memaksa elektron untuk terbang

terpisah. Orbital-orbital ini tersusun dalam kulit konsentris dengan semakin banyak subkulit yang memancar keluar dari inti. Inti atom memegang elektron paling erat pada orbital terdekatnya; orbital yang berada pada orbital terluar dilindungi oleh elektron yang mengintervensi dan berada pada orbital yang paling longgar. Elektron bergerak di dalam struktur ini, membentuk awan muatan negatif yang tersebar dan menempati hampir seluruh volume atom. Konfigurasi elektron suatu atom adalah susunan struktur elektron yang tepat di dalam atom. Susunan kelistrikan atom tertentu tidak hanya menentukan ukurannya tetapi juga karakter kimianya. Kesamaan struktur elektron digunakan untuk mengklasifikasikan unsur ke dalam kelompok unsur yang sebanding dalam tabel periodik. (Unacademy, 2024)



BILANGAN KUANTUM AZIMUT dengan lambang (l) merupakan subkulit yang menentukan bentuk orbital. Seperti yang telah dibahas sebelumnya bahwa bentuk orbital tidak harus bundar. Bilangan kuantum inilah yang menentukan bentuk tersebut. Nilai l adalah dari 0 sampai $(n - 1)$ untuk setiap n .

$n = 1$, maka $l = 0$

$n = 2$, maka $l = 0$ dan 1

$n = 3$, maka $l = 0, 1$ dan 2

$n = 4$, maka $l = 0, 1, 2$, dan 3

Untuk:

$l = 0$ dilambangkan dengan subkulit s

$l = 1$ dilambangkan dengan subkulit p

$l = 2$ dilambangkan dengan subkulit d

$l = 3$ dilambangkan dengan subkulit f

s (*sharp*), p (*principal*), d (*diffuse*), dan f (*fundamental*)

BILANGAN KUANTUM MAGNETIK dengan lambang (m) menunjukkan arah orbital dalam ruang. Setiap subkulit (l) memiliki ruang yang jumlahnya sesuai dengan $-l$ sampai dengan $+l$.

Misalkan, untuk subkulit p , yang memiliki nilai $l = 1$, maka nilai m adalah



soo, subkulit p memiliki 3 buah orbital yang dapat ditempati oleh elektron

BILANGAN KUANTUM SPIN dengan lambang (s) didasari pengamatan Otto Stern dan Walter Gerlach bahwa elektron juga mengalami rotasi, ia dapat berputar pada sumbunya. Terdapat dua arah putaran elektron, yaitu:

$$s = -\frac{1}{2} \text{ dan } s = +\frac{1}{2}$$

Aturan Aufbau yang berarti membangun. Pada prinsipnya elektron dalam suatu atom akan berada dalam kondisi stabil bila memiliki energi yang rendah. Hal ini membuat elektron memiliki

kecenderungan untuk menempati energi terendah terlebih dahulu. Siapa yang *ga* mau stabil coba?! Besarnya tingkat energi dapat diketahui dari nilai bilangan kuantum utama (n) dan bilangan kuantum azimut (l).

Subkulit	1s	2s	2p	3s	3p	3d	4s	4p	4d	4f
n	1	2	2	3	3	3	4	4	4	4
l	0	0	1	0	1	2	0	1	2	3
$n + l$	1	2	3	3	4	5	4	5	6	7

DAFTAR PUSTAKA

- Susilowati, E., & Hanjani, T. (2013). *Kimia Untuk Kelas X SMA dan MA*. Solo: PT Wangsa Jatra Lestari.
- Yusuf, Y. (2018). *Kimia Dasar*. Tangerang: Edu Center Indonesia.
- Purnawan, C. d. (2013). *Kimia Untuk SMA/MA Kelas X*. Sidoarjo: Masmedia.
- N, A. (2018). *Perkembangan Teori Atom*. Retrieved Desember 2023, from <https://www.markijar.com/2018/08/5-perkembangan-teori-atom-dari-masa-ke.html>
- Deepublish. (2023). *Deepublishstore.com*. Retrieved Desember 2023, from <https://deepublishstore.com/blog/materi/teori-atom/>
- N, K. (2021). *Gramedia Blog*. Retrieved Desember 2023, from <https://www.gramedia.com/literasi/pengertian-elektron/>
- Unacademy. (2024). *Unacademy*. Retrieved Januari 2024, from <https://unacademy.com/content/neet-ug/study-material/chemistry/properties-of-electrons-in-orbitals/>

BAB 5

TABEL PERIODIK UNSUR

Oleh Loth Botahala

5.1 Perkembangan Tabel Periodik Unsur

Hal penting yang perlu diperhatikan dalam suatu kegiatan ilmiah adalah mencari dan menemukan keteraturan. Daftar tabel susunan berkala unsur, yang biasa dikenal sebagai tabel “sistem periodik unsur” berisi nama-nama unsur yang telah ditemukan para ahli terdahulu secara bertahap hingga mencapai 108 unsur. Unsur-unsur tersebut kemudian sering disebut sebagai atom, dan disusun/dikelompokkan berdasarkan keteraturan/kaidah ilmiah tertentu. Konsep atom, semula digagas oleh filsuf Yunani Kuno yakni Leucippus dan muridnya yakni Democritus pada sekitar tahun 460-390 SM. Usaha pengelompokan ke-108 unsur tersebut agar dapat memudahkan pengkajian dan pengenalan terhadap suatu unsur, baik itu berupa atom, molekul, maupun senyawa.

Tabel periodik modern yang digunakan pada masa kini diawali oleh adanya hukum Boyle. Konsep Boyle menyatakan “atom merupakan unsur terkecil dari suatu materi yang tidak dapat dipecah-pecah dengan cara apapun. Selanjutnya pengelompokan atom-atom dalam susunan berkala telah berlangsung berdasarkan cara pandang para ahli.

5.1.1 Antonie Lavoiser (1743-1794).

Tahun 1769, Antonie Lavoiser, seorang ilmuwan berkebangsaan Perancis, mengelompokkan unsur-unsur yang telah ditemukan menjadi 4 golongan. Terdapat 2 tambahan bukan unsur yakni cahaya dan kalor dikelompokkan ke dalam kelompok I serta 3 unsur yang belum diketahui namanya, dikelompokkan ke dalam kelompok II dan kelompok IV.

Tabel 5.1. P unsur menurut Antonie Lavoiser

Golongan I	Golongan II	Golongan III	Golongan IV
Hidrogen	-	Arsen	-
Oksigen	-	Argentus	Alumina
Nitrogen	Karbon	Bismuth	Barit
Cahaya	Fluor	Kobalt	Kapur
Kalor	Klor	Nikel	Silika
	Fosfor	Plumbum	Magnesia
	Sulfur	Timah	
		Seng	

Penyusunan Sistem Periodik Unsur Lavoisier terdapat kelebihan dan kekurangan.

1. Kelebihannya:
Disusun berdasarkan sifat wujudnya. Hal ini juga yang kemudian digunakan oleh para ilmuwan lain dalam penyusunannya.
2. Kelemahan/kekurangan Sistem Periodik Unsur Lavoisier:
 - a. Masih terbatas jumlah unsur yang tersedia, termasuk terdapat unsur yang belum diketahui namanya.
 - b. Memiliki sifat unsur berbeda dalam golongan yang sama.
 - c. Tabel sistem periodik yang dibuat ini sangatlah umum.

5.1.2 Johann Wolfgang Döbereiner (1780-1849).

Döbereiner berpendapat bahwa antara sifat dan massa atom suatu unsur memiliki hubungan yang mirip dan diberi nama *triade*. Dalam 1 *triade* yang disusun berdasarkan kenaikan massa, atom pada urutan ke-2 merupakan atom yang memiliki massa berdekatan dengan massa rata-rata dari atom pertama dan atom ke-3.

Tabel 5.2. Pengelompokan unsur berdasarkan *Triade* Döbereiner

<i>Triade 1</i>	<i>Triade 2</i>	<i>Triade 3</i>	<i>Triade 4</i>	<i>Triade 5</i>
6,491Li	40,08Ca	32,07S	35,45Cl	52,00Cr
22,99Na	87,62Sr	78,96Se	79,90Br	54,94Mn
39,10K	137,3Ba	127,6Te	126,9I	55,85Fe

Pengelompokan unsur ini didasarkan pada massa atom yang bersumber dari teori atom menurut Dalton bahwa massa atom merupakan sifat khas yang membedakan antara satu unsur dengan unsur lain di sekitarnya. Dengan peristiwa ini dapat diketahui adanya hubungan antara massa dengan sifat suatu atom. Kelebihan dari Pengelompokan Unsur *Triade* Döbereiner ini adalah adanya kemiripan sifat antara unsur yang berada di tengah dengan unsur yang berada di sekitarnya. Namun kelemahannya adalah tidak dapat mengklasifikasikan secara baik unsur-unsur yang jumlahnya banyak dan mirip walaupun sifatnya sama dengan unsur dalam kelompok *triade* tersebut.

5.1.3 J. A. R. Newlands (1837-1898).

John Alexander Reina Newlands adalah seorang ilmuwan berkebangsaan Inggris yang melakukan perbaikan dan penyempurnaan dari Sistem Periodik *Triade*. Newlands mengelompokkan atom-atom menurut kenaikan massanya. Dari pengelompokan tersebut, ternyata atom yang terletak pada urutan ke-8 (F), 15 (Cl), 22 (Co&Ni), dan 29 (Br), mempunyai kesamaan sifat dengan atom pada urutan ke-1 (H). Demikian pula dengan atom pada urutan ke 9 (Na), 16 (K), 23 (Cu), dan seterusnya yang sifatnya mirip dengan atom pada urutan ke 2 (Li), dan seterusnya.

Peristiwa pengelompokan seperti ini disebut Newlands membandingkan pengulangan sebagai sistem oktaf. Newlands memprakarsai adanya penyusunan unsur-unsur yang memiliki kemiripan sifat pada baris.

Tabel 5.3. Pengelompokan unsur berdasarkan kenaikan massa

¹ H	² Li	³ Be	⁴ B	⁵ C	⁶ N	⁷ O
⁸ F	⁹ Na	¹⁰ Mg	¹¹ Al	¹² Si	¹³ P	¹⁴ S
¹⁵ Cl	¹⁶ K	¹⁷ Ca	¹⁸ Cr	¹⁹ Ti	²⁰ Mn	²¹ Fe
²² Co&Ni	²³ Cu	²⁴ Zn	²⁵ Y	²⁶ In	²⁷ As	²⁸ Se
²⁹ Br	³⁰ Rb	³¹ Sr	³² Ce&La	³³ Zn	³⁴ Ni	³⁵ Ro&Rn

1. Kelebihan dari sistem periodik unsur oktaf Newlands adalah:
 - a. Merupakan sistem periodik unsur pertama kali yang menunjukkan bahwa unsur-unsur kimia bersifat secara periodik.
 - b. Merupakan Sistem Periodik Unsur yang pertama kali disusun berdasarkan massa atom relatif.
2. Kelemahan sistem periodik unsur oktaf Newland adalah:
 - a. Saat sistem periodik unsur oktaf Newland ini disusun, unsur-unsur gas mulia belum ditemukan.
 - b. Pengelompokkan dengan sistem pengulangan 8 unsur ini ternyata hanya berlaku untuk unsur-unsur ringan dengan massa atom relatif kecil.
 - c. Selain itu, pengelompokkan dengan sistem pengulangan 8 unsur ini ternyata masih terdapat unsur-unsur yang terletak pada urutan yang sama.

5.1.4 Béguyer de Chancourtois (1863).

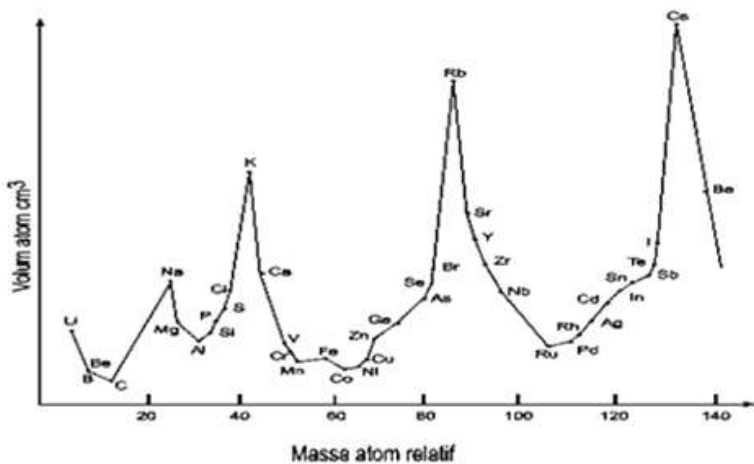
Pada tahun 1862, Béguyer de Chancourtois, ahli geologi Prancis, menyusun bentuk awal tabel periodik, yang disebutnya sebagai "*Vis tellurique*" (*telluric helix*). Unsur-unsur yang mirip muncul pada interval tertentu jika disusun berdasarkan berat atomnya. Dengan penyusunan unsur secara spiral dalam sebuah silinder berdasarkan kenaikan berat atom, de Chancourtois melihat bahwa unsur dengan sifat yang mirip berbaris secara vertikal (periode).

5.1.5 Julius Lothar Meyer (1830-1895)

Julius Lothar Meyer merumuskan hubungan antara volume atom suatu unsur dan massanya dengan suatu persamaan pada tahun 1869 yang berbunyi:

$$\text{Volume atom} = \frac{\text{massa atom}}{\text{kerapatannya}}$$

Meyer kemudian menggambarkan grafik hubungan antara volume suatu atom unsur terhadap massa atom.



Gambar 5.1. Grafik Meyer

Grafik hubungan antara volume atom terhadap massa atom menunjukkan bahwa unsur yang berada di puncak memiliki posisi yang setara. Demikian pula unsur setara ke-2 berada pada posisi pertengahan puncak grafik. Hal ini menunjukkan sifat unsur yang mirip.

1. Kelebihan Sistem Periodik Unsur Lothar Meyer
 - a. Pada sistem periodik unsur Lothar Meyer pengelompokkan lebih sederhana dan mudah dimengerti serta memiliki banyak golongan pada sistem periodik unsurnya.
 - b. Klasifikasi elemen unsur bukan dengan massa atom unsur, namun hanya menggunakan valensi.
2. Kelemahan Sistem Periodik Unsur Lothar Meyer

Pada pola penyusunannya banyak memiliki kesamaan dengan unsur periodik Mendeleev.

5.1.6 Dmitri Ivanovich Mendeleev(1834 - 1907).

Dmitri Ivanovich Mendeleev, seorang kimiawan Rusia, menggunakan waktu lebih dari 13 tahun mengumpulkan data dan konsep penyusunan unsur kimia dengan gagasan untuk menyelesaikan beberapa ketakteraturan di lapangan. Dalam

pengamatannya, Mendeleev menemukan adanya beberapa sifat berkala.

Gagasan ini didasarkan pada suatu daftar unsur. Daftar unsur berkala disusun berdasarkan kenaikan bobot atom dengan cara sifat-sifat atom yang mirip atau hampir sama diletakkan dalam segolongan dengan memperhitungkan unsur yang belum ditemukan. Dalam penyusunan unsur kimia ini, Mendeleev menemukan sifat dalam golongan unsur bahwa ketika semua unsur kimia yang diketahui diatur sedemikian rupa sesuai urutan kenaikan berat atom, tabel yang dihasilkan menunjukkan pola berulang atau periodisitas. Daftar berlaka menurut Mendeleev ini biasa disebut juga sebagai tabel periodik pendek.

Tabel 5.4. Daftar Berkala Menurut Mendeleev

Periode	Golongan							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
	- R ² O	- RO	- R ² O ³	R ⁴ RO ²	RH ³ R ² O ⁵	RH ² RO ³	RH R ² O ⁷	- RO ⁴
1	H = 1							
2	Li = 7	Be = 9,4	B = 11	C = 12	N = 14	O = 16	F = 19	
3	Na = 23	Mg = 24	Al = 27,3	Si = 28	P = 31	S = 32	Cl = 35,5	
4	K = 39	Ca = 40	? = 45	Ti = 48	V = 51	Cr = 52	Mn = 55	Fe = 56 Co = 59 Ni = 59
	Cu = 63,4	Zn = 65,2	? = 68	? = 70	As = 75	Se = 79,4	Br = 80	
5	Rb = 85,4	Sr = 87,6	Y = (60)	Zr = 90	Nb = 94	Mo = 96	? = 100	Ru = 104,4 Rh = 104,4 Pd = 106,6
	Ag = 108	Cd = 112	In = (75,6)	Sn = 118	Sb = 122	Te = 128	I = 127	
6	Cs = 133	Ba = 137	?	La = 180	Ta = 182	W = 186	Re ...	Os = 199 Ir = 198 Pt = 197,4
	Au = 197	Hg = 200	Tl = 204	Pb = 207	Bi = 210			

1. Kelebihan Tabel Periodik Pendek menurut Mendeleev adalah sebagai berikut.
 - a. Tabel periodik pendek merupakan sistem periodik pertama.
 - b. Masih tersedia tempat kosong untuk unsur yang diprediksi akan ditemukan. Prediksi tersebut kemudian dibuktikan

- dengan penemuan scandium tahun 1879, galium tahun 1875, dan germanium tahun 1886.
- c. Dapat menempatkan unsur He, Ne, Ar, Kr, Xe, dan Rn dalam golongan tersendiri setelah golongan gas mulia ditemukan.
2. Selain keunggulan, tabel periodik unsur Mendeleev mempunyai beberapa kelemahan yaitu sebagai berikut.
- a. Ada beberapa urutan unsur yang terbalik jika ditinjau dari bertambahnya massa atom relatif, misalnya Te (128) ditempatkan sebelum I (127).
 - b. *Triade* besi (Fe, Co, Ni) *triade* platina ringan (Ru, Rh, Pd), dan *triade* platina (Os, Ir, Pt) dimasukkan ke dalam golongan VIII. Di antara unsur-unsur dalam golongan ini hanya Ru dan Os yang mempunyai valensi 8.

Setelah penemuan unsur-unsur baru termasuk unsur gas mulia antara tahun 1871-1898, unsur-unsur tersebut diletakkan pada tempat kosong yang telah tersedia. Secara bertahap, hukum dan tabel periodik menjadi kerangka kerja bagi sebagian besar teori kimia. Pada saat Mendeleev meninggal pada tahun 1907, dia menikmati pengakuan internasional dan telah menerima perbedaan dan penghargaan dari banyak negara.

5.1.7 Henry Gwyn Jeffreys Moseley (1887-1915).

Setelah ditemukannya beberapa kelemahan pada Tabel Periodik Pendek seperti letak unsur yang tidak sesuai dengan kenaikan massa atom antara lain Ar-K, Co-Ni, dan Te-I telah mendorong usaha penyempurnaannya. Pada tahun 1914, Henry G. J. Moseley menemukan bahwa urutan unsur pada tabel periodik disusun berdasarkan kenaikan nomor atom dan kemiripan sifat. Moseley menyimpulkan bahwa sifat fisika dan sifat kimia unsur merupakan fungsi periodik dari nomor atomnya. Berdasarkan hukum periodik tersebut, Moseley memperbaiki daftar susunan berkala Mendeleev berdasarkan aturan Aufbau, aturan Hund, dan aturan Pauli. Susunan berkala menurut Moseley inilah pada akhirnya disebut sebagai tabel periodik modern atau populer dinamakan tabel periodik unsur (dilihat di Lampiran 1 dan 2).

5.2 Penyusunan Tabel Periodik Unsur

Unsur-unsur yang tertera pada tabel periodik dipresentasikan dalam 2 bentuk yang tidak terpisahkan, yakni dalam bentuk baris yang disebut sebagai periode dan dalam bentuk kolom yang disebut sebagai golongan. Secara periodik, terdapat 7 periode, sedangkan secara golongan terdiri atas 2 golongan yakni golongan utama (A) dan golongan transisi (B).

Kedudukannya disusun mengikuti teori Bohr. Sehingga kenaikan nomor atom dan kemiripan sifat dalam tabel periodik unsur disusun menggunakan konfigurasi elektron. Dalam suatu konfigurasi elektron, dengan bertambahnya nomor atom, unsur yang letaknya se-golongan menunjukkan bertambahnya kulit elektron, sedangkan unsur yang letaknya se-periode menunjukkan kulit elektronnya tetap.

Berdasarkan elektron valensi, konfigurasi elektron setiap unsur dibedakan dengan pengisian orbital oleh elektron pada subkulit.

Pengisian orbital oleh elektron pada subkulit s menggunakan pendekatan ns^{1-2}

Pengisian orbital oleh elektron pada subkulit p menggunakan pendekatan ns^2np^{1-6}

Pengisian orbital oleh elektron pada subkulit d menggunakan pendekatan $(n - 1)d^{1-10}ns^{1-2}$ dan $(n - 2)d^{1-10}ns^{1-2}$

Pengisian orbital oleh elektron pada subkulit f menggunakan pendekatan $(n - 2)f^{1-14}(n - 1)d^{1-10}ns^{1-2}$

Tabel 5.5. Konfigurasi elektron pada sistem periodik unsur

Konfigurasi elektron	Posisi unsur pada sistem periodik	
	Golongan	Periode
ns^1	IA	n
ns^2	IIA	n
$ns^2 np^1$	IIIA	n
$ns^2 np^2$	IVA	n
$ns^2 np^3$	VA	n
$ns^2 np^4$	VIA	n
$ns^2 np^5$	VIIA	n
$ns^2 np^6$	VIIA	n

Konfigurasi elektron	Posisi unsur pada sistem periodik	
	Golongan	Periode
$(n-1)d^1 ns^2$	IIIB	n
$(n-1)d^2 ns^2$	IVB	n
$(n-1)d^3 ns^2$	VB	n
$(n-1)d^4 ns^2$	VIB	n
$(n-1)d^5 ns^2$	VIIB	n

Catatan:

Golongan B pada periode 4-6, adalah unsur yang memiliki karakteristik tersendiri yakni:

1. Jika jumlah elektronnya adalah 8-10 maka unsur tersebut termasuk dalam golongan VIIIB
2. Jika jumlah elektronnya adalah 11 maka unsur tersebut termasuk dalam golongan IB
3. Jika jumlah elektronnya adalah 12 maka unsur tersebut termasuk dalam golongan IIB

Sebagai contoh dari Tabel 5.5. adalah:

1. ${}_{11}\text{Na} \Rightarrow 1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ termasuk periode 3 pada golongan IA.
Jumlah elektron dalam konfigurasi elektron pada atom natrium berakhir pada kulit (n) ke-3 dan elektron valensinya adalah 1.
2. ${}_{6}\text{C} \Rightarrow 1s^2 2s^2 2p^2$ termasuk periode 2 pada golongan IVA
Jumlah elektron dalam konfigurasi elektron pada atom karbon berakhir pada kulit (n) ke-2 dan elektron valensinya adalah 4.
3. ${}_{76}\text{Os} \Rightarrow 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2 4d^{10} 5p^6 6s^2 4f^{14} 5d^6$ termasuk periode 6 pada golongan VIIIB.
Kulit ke-n dalam konfigurasi elektron pada atom osmium berdasarkan tingkat energi berakhir pada $n = 5$ digeser sejauh 2 langkah ke kiri dijumpai $n = 6$ dan jumlah elektron pada subkulit $5d^6$ dan $6s^2$ adalah 8.
4. ${}_{45}\text{Rh} \Rightarrow 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2 4d^7$ termasuk periode 5 pada golongan VIIIB.
Kulit ke-n dalam konfigurasi elektron pada atom rodium berdasarkan tingkat energi berakhir pada $n = 4$ digeser sejauh 1 langkah ke kiri dijumpai $n = 5$ dan jumlah elektron pada subkulit $4d^7$ dan $5s^2$ adalah 9.
5. ${}_{28}\text{Ni} \Rightarrow 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^8$ termasuk periode 4 pada golongan VIIIB.
Kulit ke-n dalam konfigurasi elektron pada atom nikel berdasarkan tingkat energi berakhir pada $n = 3$ digeser sejauh 1 langkah ke kiri dijumpai $n = 4$ dan jumlah elektron pada subkulit $3d^8$ dan $4s^2$ adalah 10.

- Kulit ke-n dalam konfigurasi elektron pada atom argenterum (perak) berdasarkan tingkat energi berakhir pada $n = 4$ digeser sejauh 1 langkah ke kiri dijumpai $n = 5$ dan jumlah elektron pada subkulit $4d^9$ dan $5s^2$ adalah 11.

- Kulit ke-n dalam konfigurasi elektron pada atom argenterum (perak) berdasarkan tingkat energi berakhir pada $n = 4$ digeser sejauh 1 langkah ke kiri dijumpai $n = 5$ dan jumlah elektron pada subkulit $4d^{10}$ dan $5s^2$ adalah 12.

- Kulit ke-n dalam konfigurasi elektron pada atom argenterum (perak) berdasarkan tingkat energi berakhir pada $n = 3$ digeser sejauh 1 langkah ke kiri dijumpai $n = 4$ dan jumlah elektron pada subkulit $3d^5$ dan $4s^2$ adalah 7.

Gambar 5.2. Wilayah subkulit dalam TPU

Golongan unsur pada tabel periodik unsur berjumlah 18 golongan. Sebagaimana telah diketahui bahwa kelompok unsur se-golongan memiliki kemiripan sifat antara atom-atom. Golongan unsur ini terbagi menjadi:

1. Golongan utama (Golongan A).

Golongan utama meliputi golongan IA – VIIIA yang memiliki konfigurasi elektron terluar $ns^{1-2} np^{1-6}$. Golongan utama memiliki nama yang khas, misalnya:

a. Golongan IA.

Unsur dalam golongan 1 (IA) tergolong dalam logam alkali yang terdiri atas litium (Li), natrium (Na), kalium (K), rubidium (Rb), cesium (Cs), dan francium (Fr). Unsur-unsur ini memiliki karakteristik sebagai berikut:

- 1) Memiliki 1 elektron valensi;
- 2) Merupakan padatan lunak;
- 3) Titik leleh yang rendah;
- 4) Sangat reaktif;
- 5) Sebagai penghantar listrik;

Logam alkali tidak dapat ditemukan dalam bentuk unsurnya di alam karena sangat reaktif. Logam alkali memiliki banyak kegunaan baik dalam kehidupan biologi maupun industri. Seluruh logam alkali mudah teroksidasi ke keadaan oksidasi +1. Logam alkali bereaksi kuat dengan air, halogen, dan asam. Reaksi tersebut melepaskan panas dan cahaya dalam jumlah yang mengejutkan.

b. Golongan IIA

Golongan 2 (IIA) terdiri dari berilium, magnesium, kalsium, stronsium, dan radium. Logam alkali tanah mirip dengan logam alkali, akan tetapi logam alkali tanah kurang reaktif. Semua logam alkali tanah mempunyai dua elektron valensi, dan mudah teroksidasi menjadi +2. Dengan bertambahnya massa, unsur-unsur ini memiliki karakteristik sebagai berikut:

- 1) Merupakan padatan yang lebih lunak;
- 2) Memiliki titik leleh dan titik didih yang lebih rendah;
- 3) Menjadi lebih reaktif;
- 4) Radium bersifat radioaktif;
- 5) Logam alkali tanah bereaksi dengan halogen;
- 6) Logam alkali tanah (kecuali berilium) bereaksi dengan air dan oksigen;

- 7) Magnesium, karena kurang reaktif, hanya bereaksi pada suhu yang lebih tinggi dibandingkan logam alkali tanah lainnya. Sehingga sifat kimianya sulit dipelajari.

Logam alkali tanah dapat bereaksi dengan logam alkali, tetapi karena bilangan oksidasinya +2 sehingga menyebabkan senyawanya berbeda.

c. Golongan IIIA dinamakan unsur Boron.

Golongan 13 (IIIA) terdiri dari boron, aluminium, galium, indium, dan talium. Boron adalah metaloid, tetapi unsur lainnya adalah logam. Semua unsur dalam golongan ini mempunyai jumlah elektron valensi 3.

- 1) Boron adalah semi logam (*metalloid*), menunjukkan karakteristik logam dan non-logam. Ia tidak pernah ditemukan dalam bentuk murninya di Bumi. Boron biasanya berupa padatan amorf berwarna coklat atau padatan kristal berwarna hitam dan sangat keras. Pada suhu tinggi, boron dapat menghantarkan listrik. Boron merupakan nonlogam yang paling tidak elektronegatif, sehingga mudah kehilangan elektron ketika bereaksi. Boron hampir seluruhnya berada dalam keadaan oksidasi +3. Boron memiliki oksida B_2O_3 dan bersifat asam.
- 2) Aluminium adalah logam, yang bersifat sangat reaktif dalam bentuk murni. Aluminium merupakan unsur ketiga terbanyak di kerak bumi. Adapun karakteristik aluminium adalah:
 - a) Sangat reaktif dalam keadaan murni;
 - b) Dapat menghantarkan panas dan listrik dengan sangat baik;
 - c) Sifatnya ringan;
 - d) Dapat tahan terhadap korosi,

Senyawa aluminium biasanya berada pada bilangan oksidasi +3. Aluminium oksida tidak reaktif karena permukaan aluminium oksida Al_2O_3 yang tipis dan keras tidak bereaksi dengan air atau oksigen dan menjaga logam aluminium terlindung dari reaksi

unsur kimia lainnya. Aluminium oksida tidak menghantarkan listrik. Umumnya, aluminium berair ditemukan sebagai hidroksida $\text{Al}(\text{OH})_3$.

- 3) Gallium adalah unsur yang berwujud cair/logam rapuh yang meleleh sedikit di atas suhu kamar. Gallium digunakan di banyak perangkat semikonduktor dan LEDs (light emitting diodes = dioda pemancar cahaya). Gallium(III) arsenida adalah semikonduktor penting yang digunakan dalam berbagai elektronik.
- 4) Isotop indium yang paling umum bersifat radioaktif dan meluruh perlahan menjadi timah. Indium biasanya memiliki bilangan oksidasi +3.
- 5) Talium cenderung muncul dalam keadaan oksidasi +1 (*thallus*) serta keadaan oksidasi +3 (*thallic*). Keunikan talium adalah dapat bertindak seperti logam alkali, baik dalam sifat fisik maupun sifat kimianya. Talus oksida (Tl_2O) dan logam bereaksi hebat dengan air membentuk TlOH yang terdisosiasi sempurna menjadi ion Tl^+ dan OH^- seolah-olah merupakan hidroksida logam alkali. Talium mempunyai reaksi keras dengan air yang dapat melepaskan panas yang cukup untuk menimbulkan nyala api dan dapat menghasilkan produk sampingan yang mudah meledak seperti gas hidrogen. Talium hidroksida yang dihasilkan dari reaksi ini bersifat basa (sama kuatnya dengan logam alkali hidroksida) dan juga bersifat korosif. Selain itu, senyawa talium sangat beracun.

d. Golongan IVA dinamakan unsur Karbon

Golongan 14 (IVA) terdiri dari karbon, silikon, germanium, timah, dan timbal. Karbon adalah unsur non-logam, silikon dan germanium adalah unsur *metalloid*, dan timah serta timbal adalah unsur logam. Unsur-unsur golongan karbon memiliki elektron valensi 4, sehingga cenderung membentuk senyawa kovalen. Dengan meningkatnya massa dan jari-jari atom, unsur-unsur ini

menjadi semakin bersifat logam dan memiliki titik leleh dan titik didih yang lebih rendah.

Unsur golongan 14 sulit membentuk senyawa ketika bereaksi dengan gas hidrogen. Reaksi ini tidak stabil atau mudah terbakar. Bilangan oksidasi unsur golongan 14 (IVA) ini adalah karbon, silikon, dan germanium dengan bilangan oksidasi +4; timah dengan bilangan oksidasi +2 dan +4; sedangkan timbal dengan bilangan oksidasi +2. Senyawa dari unsur karbon jauh lebih kovalen dibandingkan senyawa dari unsur silikon, germanium, timah, atau timbal. Karbon dapat membentuk ikatan rangkap dua dan bahkan rangkap tiga dengan dirinya sendiri atau dengan unsur lain. Karbon juga dapat membentuk senyawa yang tidak dapat dibentuk oleh unsur lain dalam golongan ini, seperti asetilena (C_2H_2).

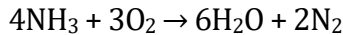
Misalnya karbon dioksida (CO_2) berbentuk gas pada suhu normal karena ikatan rangkap antara karbon dan oksigen membentuk molekul tunggal, namun silikon dioksida (SiO_2) membentuk batuan yang keras (kuarsa) karena merupakan padatan ikatan kovalen. Setiap atom silikon berikatan dengan 4 atom oksigen yang berbeda dengan ikatan tunggal, dan setiap atom oksigen berikatan dengan dua atom silikon. Sifat serupa berlaku untuk oksida germanium, timah, dan timbal. Karbon dioksida larut dalam air membentuk asam karbonat, asam lemah yang bereaksi dengan basa membentuk karbonat. Sedangkan oksida dari unsur-unsur lain dari kelompok ini praktis tidak reaktif dalam air.

e. Golongan VA dinamakan unsur Nitrogen.

Golongan 15 (VA) mengandung nitrogen, fosfor, arsen, antimon, dan bismut. Unsur-unsur golongan 15 (VA) mempunyai elektron valensi 5. Karena unsur-unsur dapat memperoleh 3 elektron atau kehilangan 5 elektron untuk menjadi stabil, unsur-unsur tersebut lebih sering membentuk senyawa kovalen kecuali jika terikat pada logam reaktif. Sifat logam meningkat secara nyata dari gas nitrogen menuju bismut yang hampir tidak mengandung

logam seiring dengan bertambahnya ukuran dan massa. Nitrogen dan fosfor bersifat non-logam, sedangkan arsen dan antimon bersifat semi-logam.

Unsur-unsur ini kurang reaktif dibandingkan unsur-unsur Golongan 16, dan sifat kimianya lebih rumit. Sebagian besar sifat kimia unsur-unsur ini berada dalam bilangan oksidasi +3 atau +5. Unsur-unsur golongan 15 ini pun dapat bereaksi dengan gas hidrogen membentuk senyawa dengan bilangan oksidasi -3. Misalnya amonia (NH_3), fosfin (PH_3), arsin (AsH_3), stibin (SbH_3), dan bismutin (BiH_3), yang seluruhnya mudah terbakar dalam oksigen menghasilkan oksida atau unsur bebas (dalam kasus nitrogen).



Sebagian besar oksida bersifat asam, kecuali dinitrogen oksida N_2O , oksida nitrat NO , dan bismut oksida Bi_2O_3 . Nitrogen dan fosfor membentuk asam kuat dalam keadaan oksidasi +5. Nitrogen dapat membentuk asam nitrat HNO_3 .

Senyawa nitrogen seringkali sangat tidak stabil karena atom nitrogen dalam senyawa nitrogen cenderung saling bereaksi membentuk gas nitrogen. Banyak senyawa nitrogen yang benar-benar mudah meledak, termasuk TNT dan nitrogliserin. Bahan peledak ini umum digunakan dalam proyek konstruksi (untuk menghancurkan) bangunan dan juga digunakan dalam operasi penambangan.

f. Golongan VIA dinamakan unsur Oksigen.

Golongan 16 (VIA) terdiri dari oksigen, sulfur/belerang, selenium, telurium, dan polonium. Oksigen, belerang, dan selenium adalah nonlogam. Telurium adalah semilogam dan polonium adalah logam. Unsur golongan 16 mempunyai 6 elektron valensi, artinya unsur tersebut masih kekurangan 2 elektron untuk menyerupai golongan 18 (VIIIA) yang stabil. Mereka masih memiliki afinitas elektron yang relatif besar dan agak reaktif, membentuk ion dengan muatan -2. Semua kecuali

polonium membentuk senyawa yang mudah menguap dengan hidrogen. Misalnya air ($2\text{H}_2\text{O}$), hidrogen sulfida (H_2S), hidrogen selenida (H_2Se), dan hidrogen telurida (H_2Te). Keelektronegatifan menurun pada unsur-unsur dalam golongan ini dengan bertambahnya massa atom, dan oksigen lebih elektronegatif. Biasanya, unsur-unsur ini akan mencapai bilangan oksidasi -2.

Oksida belerang, selenium, dan telurium bersifat asam. Radioaktivitas yang kuat sebagian besar menutupi sifat kimia polonium. Oksigen adalah gas diatomik yang membentuk sekitar 20% udara yang kita hirup. Ini penting untuk kehidupan hewan. Oksigen bersumber dari tumbuhan. Tumbuhan menyerap sinar matahari untuk proses fotosintesis dan menghasilkan glukosa (gula) dan oksigen. Sel tumbuhan dan sel hewan sama-sama "membakar" glukosa dengan oksigen untuk mendapatkan energi.

Setiap senyawa kimia yang terdiri dari oksigen dan beberapa unsur lain yang terikat secara kovalen adalah oksida. Logam mudah membentuk oksida, kecuali beberapa logam termasuk emas, platina, dan merkuri. Prosesnya disebut juga *tarnishing* atau karatan. Dengan kata lain, paku besi yang berubah menjadi karat telah membentuk oksida besi. Lapisan film kusam dan tampak kotor yang melapisi tembaga yang mengkilap adalah oksida tembaga. Oksida terbentuk karena oksigen sangat elektronegatif. Ketika suatu zat terbakar (termasuk hidrokarbon dan logam), zat tersebut teroksidasi dan melepaskan panas dalam jumlah besar dengan cepat. Ion oksidanya adalah O^{2-} . Ada juga peroksida O_2^{2-} dan superoksida O_2^- .

g. Golongan VIIA.

Unsur halogen adalah unsur-unsur yang berada pada Golongan 17 (VIIA). Unsur-unsur yang disebut sebagai unsur halogen adalah fluor, klor, brom, iodium, dan astatin. Seperti logam alkali, halogen sangat reaktif. Unsur memiliki elektron valensi 7, sehingga unsur halogen hanya

memerlukan 1 elektron untuk stabil. Halogen memiliki afinitas elektron yang sangat besar dan sangat reaktif untuk membentuk ion dengan muatan -1.

Halogen ada dalam bentuk diatomik. Dalam kondisi normal, mereka akan selalu muncul berpasangan, terikat secara kovalen. Ikatan kovalen memungkinkan mereka untuk berbagi elektron dan memiliki oktet lengkap.

- 1) F_2 adalah gas berwarna coklat kekuningan pucat, sangat reaktif, menyebabkan senyawa organik dan gas hidrogen meledak, bahkan tanpa percikan api. Fluor adalah unsur yang paling elektronegatif dari semua unsur, dan sangat reaktif sehingga ia menyerang hampir semua unsur lainnya (kecuali gas mulia, oksigen, nitrogen, dan emas) untuk membentuk fluorida.
- 2) Cl_2 adalah gas kuning-hijau pucat. Bereaksi dengan air membentuk desinfektan dan pemutih. Klorin agak kurang reaktif.
- 3) Br_2 adalah cairan berwarna coklat kemerahan, mudah menguap dan uapnya berwarna kemerahan. Brom agak kurang reaktif dibandingkan klor.
- 4) I_2 adalah padatan berwarna abu-abu yang membentuk gas ungu jika dipanaskan. Iodium bahkan lebih sedikit, namun iodium pun merupakan ionisasi yang tangguh. Radioaktivitas ekstrim menutupi sifat kimia astatin.

Dengan bertambahnya berat atom unsur-unsur tersebut, maka unsur-unsur tersebut mempunyai titik didih dan titik leleh yang lebih tinggi. Normalnya, fluor dan klor berwujud gas, brom berwujud cair, dan yodium berbentuk padat. Halida logam dikenal sebagai garam. Natrium klorida, lebih dikenal sebagai "garam meja", adalah zat kristal yang sering digunakan untuk meningkatkan cita rasa makanan. Namun perlu diperhatikan bahwa tidak semua garam adalah halida, misalnya natrium sulfat (Na_2SO_4), dan tidak semua halida adalah garam karbon tetraklorida (CCl_4).

Interhalogen adalah molekul yang terdiri dari dua atau lebih atom halogen yang berbeda. Mereka mirip dengan halogen diatomik. Beberapa contohnya adalah klorin monofluorida (ClF) dan brom monoklorida (BrCl). Masih banyak lainnya, dan semuanya sangat reaktif dan agak tidak stabil. Interhalogen berbentuk XY_n , dengan n adalah 1, 3, 5, atau 7. X dan Y keduanya merupakan halogen, X menjadi kurang elektronegatif.

h. Golongan VIIIA.

Gas mulia berada pada golongan 18 (8A). Unsur-unsur ini juga biasa disebut sebagai gas inert karena dianggap inert sepenuhnya, dalam hal ini unsur tersebut tidak dapat membentuk senyawa. Unsur gas mulia memiliki oktet lengkap, sehingga membuatnya sangat stabil dan tidak mungkin menerima elektron atau pun kehilangan elektron.

Meskipun gas mulia dianggap inert, gas yang lebih besar seperti xenon akan membentuk ikatan kovalen dengan unsur yang sangat elektronegatif seperti fluor. Xenon difluorida XeF_2 , xenon tetrafluorida XeF_4 , dan xenon heksafluorida XeF_6 termasuk di antara senyawa gas mulia yang telah dibuat. Radon bersifat radioaktif yang berbahaya. Ia sangat tidak stabil sehingga radioaktivitasnya membuat percobaan kimia apa pun dengannya hampir mustahil dilakukan.

Jika arus listrik dialirkan melalui suatu gas, elektron-elektronnya akan tereksitasi. Elektron akan meloncat ke tingkat energi yang lebih tinggi, namun kemudian jatuh kembali ke keadaan stabil dan melepaskan energi yang telah diserapnya. Energi yang dilepaskan tersebut dalam bentuk foton (partikel cahaya). Dengan kata lain, gas dapat digunakan untuk mengubah listrik menjadi cahaya. Setiap gas memiliki warna unik yang dipancarkannya.

2. Golongan Transisi (Golongan B).

Golongan transisi meliputi golongan IIIB sampai golongan IIB dalam Tabel Periodik Unsur. Pada umumnya golongan transisi bersifat logam, sehingga sering disebut logam-logam transisi. Golongan transisi terdiri atas:

- a. Logam transisi-utama yang terdiri atas golongan IIIB sampai dengan golongan IIB dalam Tabel Periodik Unsur.
- b. Logam transisi-dalam yakni logam pada periode 6 dengan nomor atom 57 - 71, yang biasanya disebut sebagai deret lantanida dan logam pada periode 7 dengan nomor atom 89 - 103 yang biasanya disebut sebagai deret aktinida.
- c. Sebutan logam Mulia dikhususkan untuk perak (Ag), emas (Au), dan platina (Pt).

Unsur-unsur pada golongan B memiliki karakteristik tersendiri, sebagaimana yang telah diuraikan pada halaman sebelumnya. Namun dalam kondisi tertentu, unsur-unsur pada golongan B memiliki pola konfigurasi elektron

$(n - 1)d^{1-10}ns^{1-2}$ mengandung arti:

- a. Pangkat merupakan jumlah elektron pada kulit terluar (menunjukkan golongan)
- b. n menunjukkan periode.

5.2.2 Periode

Dalam tabel periodik unsur, alur periode disusun dari kiri ke kanan berdasarkan peningkatan nomor atom. Sehingga terjadi perbedaan sifat kimia unsur dalam 1 periode yang ditunjukkan oleh adanya perbedaan nomor atomnya. Periode dalam Tabel Periodik Unsur meliputi periode ke-1 sampai periode ke-7. Dari 7 periode ini dapat dibedakan sebagai berikut:

1. Periode Paling Pendek adalah periode ke-1 yang terdiri dari 2 unsur.

Unsur yang terletak pada periode 1 yakni ${}_1\text{H}$ dan ${}_2\text{He}$ berkaitan dengan proses pengisian elektron pada orbital $1s$.

2. Periode Pendek meliputi periode ke-2 dan periode ke-3, yang masing-masing terdiri dari 8 unsur.

Unsur yang terletak pada periode ke-2 yakni dari ${}_3\text{Li}$ sampai ${}_{10}\text{Ne}$ berkaitan dengan pengisian elektron pada

orbital 1s, 2s dan 2p, dan periode ke-3 yakni dari $_{11}\text{Na}$ sampai $_{18}\text{Ar}$ berkaitan dengan pengisian elektron pada orbital 1s, 2s, 2p, 3s dan 3p.

3. Periode Panjang meliputi periode ke-4 dan periode ke-5, yang masing-masing terdiri dari 18 unsur).

a. Periode ke-4, menunjukkan pengisian orbital oleh elektron pada 3d membutuhkan energi lebih tinggi dari 4s. Oleh karena itu, setelah elektron mengisi orbital pada 3s dan 3p di periode ke-3, elektron melompati orbital pada 3d dan mengisi orbital pada 4s ($_{19}\text{K}$ dan $_{20}\text{Ca}$) di periode ke-4. Setelah orbital pada 4s penuh, barulah elektron mengisi orbital pada 3d ($_{21}\text{Sc}$ sampai $_{30}\text{Zn}$), dan selanjutnya proses pengisian orbital pada 4p oleh elektron setelah orbital pada 3d penuh ($_{31}\text{Ga}$ sampai $_{36}\text{Kr}$). Karena energi dari elektron pada 4d dan 4f jauh lebih tinggi sehingga orbital pada 4d dan 4f tidak berperan dalam periode ke-4. Periode ini memiliki 18 unsur.

b. Pada periode ke-5 ($_{37}\text{Rb}$ sampai $_{54}\text{Xe}$), karena energi dari elektron yang mengisi orbital pada 4d lebih tinggi dari energi yang mengisi orbital pada 5s sehingga elektron mulai terisi pada orbital di 5s ($_{37}\text{Rb}$ dan $_{38}\text{Sr}$) setelah mengisi orbital pada 4p. Kemudian elektron mulai mengisi orbital pada 4d ($_{39}\text{Y}$ sampai $_{48}\text{Cd}$), dan berakhir di pengisian elektron pada orbital 5p ($_{49}\text{In}$ sampai $_{54}\text{Xe}$) berdasarkan tingkat energinya. Hal ini mengakibatkan periode tersebut akan memiliki 18 unsur. Sehingga pada periode ini belum melibatkan orbital 4f dalam pengisian elektronnya.

4. Periode paling panjang adalah periode ke-6 yang terdiri dari 32 unsur. Elektron melompati pengisian orbital pada 5d ke orbital pada 6s ($_{55}\text{Cs}$ dan $_{56}\text{Ba}$) berdasarkan tingkat energinya. Pada periode ke-6 ini ada pengecualian yakni unsur dari deret Lantanida ($_{57}\text{La}$ sampai $_{71}\text{Lu}$) dalam golongan B pada periode ini berkaitan dengan pengisian elektron pada orbital di 4f hingga orbital pada 5d. Setelah proses pengisian elektron pada orbital 5d, dilanjutkan

dengan pengisian elektron pada orbital 6p terhadap 6 atom dalam golongan utama yaitu $_{81}\text{Tl}$ sampai $_{86}\text{Rn}$.

Catatan:

Sejumlah 14 unsur dari 32 unsur pada periode ini, yakni nomor atom 58 – 71 memiliki sifat yang mirip dengan lantanum ($_{57}\text{La}$) sehingga unsur ini dinamakan deret lantanida.

5. Periode belum lengkap adalah Periode ke-7.

Periode ke-7 dimulai dengan pengisian orbital 7s ($_{87}\text{Fr}$ dan $_{88}\text{Ra}$) diikuti dengan pengisian orbital 5f menghasilkan deret aktinida atau unsur tanah jarang (dari $_{89}\text{Ac}$ sampai unsur no 103). Dunia unsur akan meluas lebih lanjut, tetapi di antara unsur-unsur yang ada alami, unsur dengan nomor atom terbesar adalah $_{92}\text{U}$. Unsur setelah $_{92}\text{U}$ adalah unsur-unsur buatan dengan waktu paruh yang sangat pendek.

Catatan:

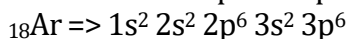
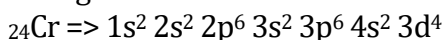
Sejumlah 14 unsur dari unsur-unsur pada periode ke-7 ini, yakni nomor atom 90 – 103 memiliki sifat yang mirip dengan unsur aktinium ($_{89}\text{Ac}$) sehingga unsur ini dinamakan deret aktinida. Unsur-unsur ini merupakan unsur radioaktif buatan.

Berdasarkan hasil pengamatan, unsur yang relatif stabil yakni unsur yang pengisian elektron pada orbitalnya berdasarkan tingkat energi adalah penuh dan setengah penuh. Unsur-unsur tersebut adalah unsur gas mulia dan unsur transisi. Contoh:

1. Konfigurasi elektron dari argon ($_{18}\text{Ar}$) $\Rightarrow 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$ bersifat stabil karena orbital pada subkulit p telah terisi penuh oleh elektron.
2. Konfigurasi elektron dari krom ($_{24}\text{Cr}$) $\Rightarrow 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1 3d^5$ bersifat relatif stabil karena orbital pada subkulit d terisi setengah penuh oleh elektron.
3. Konfigurasi elektron dari krom ($_{24}\text{Cr}$) $\Rightarrow 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^4$ bersifat kurang stabil karena orbital pada subkulit d terisi kurang dari setengah penuh oleh elektron.

Unsur yang bersifat stabil karena elektron valensinya terisi penuh, yakni unsur gas mulia dapat digunakan untuk meringkas penulisan konfigurasi elektron bagi nomor atom yang lebih tinggi dari unsur tersebut. Misalnya konfigurasi elektron dari krom yang memiliki 24 elektron.

Konfigurasi elektron dari krom dan argon adalah



Sehingga konfigurasi elektron dari krom dapat diringkas menjadi

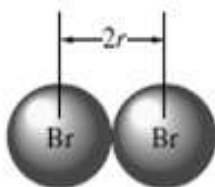


5.3 Sifat Periodik Unsur

Syarat penyusunan tabel periodik unsur termasuk memperhatikan sifat-sifat atom. Selain kenaikan nomor atom, berikut ini beberapa sifat atom yang digunakan dalam penyusunan tabel periodik unsur.

5.3.1 Jari-Jari (radius = r) Atom

Menurut teori atom modern, jari-jari atom adalah jarak dari pusat inti atom sampai kulit terluar yang mengandung elektron dari atom tersebut. Jari-jari atom sukar diukur sehingga pengukuran jari-jari atom dilakukan dengan cara mengukur jari-jari kovalennya. Jari-jari kovalen adalah $\frac{1}{2}$ jarak antar inti antara dua atom sejenis yang berikatan satu sama lainnya (molekul). Misalnya, jarak antara 2 atom brom sebesar 228 pm maka jari-jari atom brom adalah 114 pm. Sedangkan yang dimaksud dengan jari-jari ion adalah jarak dari inti atom ke elektron yang berada pada kulit terluar (elektron valensi).



Gambar 5.3. Jari-jari atom dari molekul brom (Br_2)

Suatu atom yang melepaskan elektron, jari-jari ionnya lebih kecil dari pada jari-jari atomnya. Hal ini diakibatkan adanya tarikan inti atom pada ionnya lebih kuat daripada tarikan inti atom pada atom tersebut. Sedangkan suatu atom yang menangkap elektron jari-jari ionnya lebih besar dibandingkan dengan jari-jari atom tersebut.

Dalam suatu periode, semakin tinggi nomor atom maka jari-jari atomnya semakin kecil. Sehingga inti atom semakin besar karena jumlah proton dan elektron semakin banyak, sedangkan jumlah kulit terluar yang terisi elektron tetap, sehingga tarikan inti terhadap elektron terluar semakin kuat.

Sedangkan dalam satu golongan, jari-jari atom membesar dengan bertambahnya nomor atom. Atau sebaliknya jari-jari atom semakin mengecil dengan berkurangnya nomor atom.

1A	2A	3A	4A	5A	6A	7A	8A
H 37							He 32
Li 152	Be 113	B 88	C 77	N 70	O 66	F 64	Ne 69
Na 186	Mg 160	Al 143	Si 117	P 110	S 104	Cl 99	Ar 97
K 227	Ca 197	Ga 122	Ge 122	As 121	Se 117	Br 114	Kr 110
Rb 247	Sr 215	In 163	Sn 140	Sb 141	Te 143	I 133	Xe 130
Cs 265	Ba 217	Tl 170	Pb 175	Bi 155	Po 167	At 140	Rn 145

Keterangan: 1 pm (piknometer) = 10^{-12} m.

Gambar 5.4. Jari-jari atom beberapa unsur

5.3.2 Energi Ionisasi (*IE*)

Jika dalam suatu atom terdapat 1 elektron valensi, maka elektron tersebut cenderung mudah terlepas sehingga atom tersebut memiliki konfigurasi seperti gas mulia. Namun untuk melepaskan elektron dari suatu atom, diperlukan energi. Energi (minimum) yang diperlukan untuk melepaskan sejumlah elektron

valensi dari suatu atom yang berwujud gas dinamakan energi ionisasi dengan satuan $\text{KJ} \cdot \text{mol}^{-1}$.

Contoh persamaan reaksi dari energi ionisasi pertama (IE_1), kedua (IE_2), dan ketiga (IE_3) adalah sebagai berikut:

$X_{(g)} \longrightarrow X_{(g)}^+ + \bar{e}$; energi ionisasi pertama (energi yang dibutuhkan untuk melepaskan 1 elektron valensi) dalam keadaan dasar.

$X_{(g)}^+ \longrightarrow X_{(g)}^{2+} + \bar{e}$; energi ionisasi kedua (energi yang dibutuhkan untuk melepaskan 2 elektron valensi).

$X_{(g)}^{2+} \longrightarrow X_{(g)}^{3+} + \bar{e}$; energi ionisasi ketiga (energi yang dibutuhkan untuk melepaskan 3 elektron valensi).

Ketika suatu elektron dipindahkan dari atom netralnya, tolakan di antara elektron yang tersisa akan berkurang karena muatan intinya tetap. Sehingga dibutuhkan energi ionisasi untuk memindahkan elektron lain dari atom yang bermuatan ion positif. Hal ini mengakibatkan energi ionisasi semakin meningkat. Pola tingkatan energi ionisasi sebagai berikut:

$$IE_1 < IE_2 < IE_3 < \dots$$

Harga suatu energi ionisasi ditentukan dari seberapa sukarnya suatu atom melepaskan elektronnya. Dalam hal ini jika suatu atom mudah melepaskan elektronnya maka energi ionisasinya kecil. Demikian pula sebaliknya, jika suatu atom sukar melepaskan elektron maka energi ionisasinya besar. Sebagai contoh, unsur gas mulia adalah unsur yang stabil sehingga sukar melepaskan elektron. Pola konfigurasi elektronnya adalah $ns^2 np^6$.

Tabel 5.6. Energi ionisasi beberapa atom ($\text{KJ} \cdot \text{mol}^{-1}$)

No. Atom	Atom	IE_1	IE_2	IE_3	IE_4	IE_5	IE_6
1	H	1312	-	-	-	-	-
2	He	2373	5251	-	-	-	-
3	Li	520	7300	11815	-	-	-
4	Be	899	1757	14850	21005	-	-
5	B	801	2430	3660	25000	32820	-
6	C	1086	2350	4620	6220	38000	47261
7	N	1400	2860	4580	7500	9400	53000
8	O	1314	3390	5300	7470	11000	13000
9	F	1680	3370	6050	8400	11000	15200
10	Ne	2080	3950	6120	9370	12200	15000
11	Na	495,9	4560	6900	9540	13400	16600
12	Mg	738,1	1450	7730	10500	13600	18000
13	Al	577,9	1820	2750	11600	14800	18400
14	Si	786,3	1580	3230	4360	16000	20000
15	P	1012	1904	2910	4960	6240	21000
16	S	999,5	2250	3360	4660	6990	8500
17	Cl	1251	2297	3820	5160	6540	9300
18	Ar	1521	2666	3900	5770	7240	8800
19	K	418,7	3052	4410	5900	8000	9600
20	Ca	589,5	1145	4900	6500	8100	11000

Bertambahnya nomor atom dalam satu periode, nilai energi ionisasi cenderung makin besar, jari-jari atom semakin kecil. Akibatnya gaya tarik inti terhadap elektron terluar semakin kuat sehingga dibutuhkan energi yang cukup besar untuk melepaskan elektron. Misalnya, energi ionisasi dari unsur pada golongan VIIIA lebih besar jika dibanding dengan energi ionisasi dari unsur pada golongan IA.

Unsur pada golongan IIIA memiliki energi ionisasi lebih rendah daripada unsur pada golongan IIA. Hal ini diakibatkan karena unsur pada golongan IIIA memiliki 1 elektron pada subkulit p (np^1) yang terlindungi oleh elektron terdalam (ns^2). Sehingga membutuhkan energi lebih rendah untuk memindahkan 1 elektron pada subkulit p tersebut. Begitu pula energi ionisasi unsur golongan VI lebih rendah dibandingkan dengan energi ionisasi unsur golongan VA. Karena unsur golongan VA memiliki 3 elektron tidak berpasangan pada subkulit p (np^3) dalam pengisian orbitalnya.

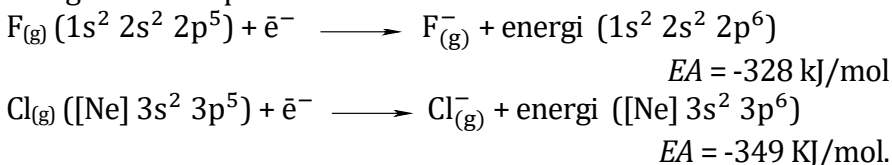
Sedangkan unsur golongan VIA memiliki 4 elektron pada subkulit p (np^4) yang salah satunya berpasangan dalam pengisian orbitalnya.

Dalam 1 golongan, seiring bertambahnya nomor atom, jari-jari atom semakin besar sehingga gaya tarik inti terhadap elektron terluar semakin lemah. Hal ini disebabkan oleh semakin banyaknya kulit elektron yang mengakibatkan elektron pada kulit terluar semakin jauh dari inti. Sehingga gaya tarik terhadap inti menjadi lebih kecil dan elektron mudah dilepaskan.

5.3.3 Afinitas Elektron

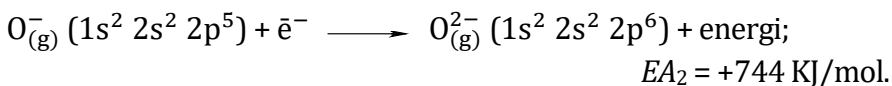
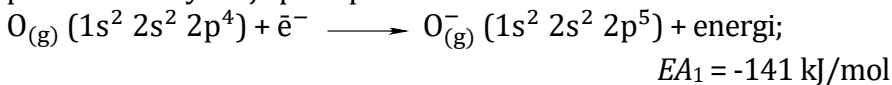
Afinitas elektron adalah besarnya energi yang dilepaskan pada saat suatu atom netral dalam keadaan gas menerima elektron sehingga terbentuk ion negatif (anion). Jika ion negatif yang terbentuk bersifat stabil, maka proses penyerapan elektron itu disertai pelepasan energi dan afinitas elektronnya dinyatakan dengan tanda negatif. Akan tetapi jika ion negatif yang terbentuk tidak stabil, maka proses penyerapan elektron akan membutuhkan energi dan afinitas elektronnya dinyatakan dengan tanda positif. Jadi, unsur yang mempunyai afinitas elektron bertanda negatif mempunyai kecenderungan lebih besar menyerap elektron daripada unsur yang afinitas elektronnya bertanda positif. Makin negatif nilai afinitas elektron berarti makin besar kecenderungan menyerap elektron.

Selain melepaskan elektron, atom juga dapat menerima elektron. Atom menjadi bermuatan negatif, akibatnya sejumlah energi akan terlepas.



Nilai afinitas elektron dinyatakan dengan tanda negatif (e^-) menunjukkan adanya proses pelepasan energi. Energi dapat berubah menjadi positif jika elektron ditambahkan pada atom yang stabil. Misalnya pada unsur gas mulia dengan konfigurasi elektron $ns^2 np^6$. Begitu pula jika lebih dari 1 elektron yang ditambahkan pada kulit terluar suatu atom, maka elektron kedua tidak mendekati atom netral melainkan akan diterima oleh ion yang sudah

bermuatan negatif. Sehingga energinya meningkat dan mengakibatkan afinitas elektron kedua dari atom tersebut menjadi positif. Misalnya saja pada pembentukan ion O^{2-} :



Elektron pertama diterima oleh oksigen bermuatan netral pada subkulit $2p^4$ membentuk ion O^- . Sedangkan elektron kedua diterima oleh ion O^- pada subkulit $2p^5$ membentuk ion O^{2-} , sehingga memerlukan energi karena terjadi tolakan dari ion O^- yang mengakibatkan nilai EA_2 menjadi positif. Gas O^{2-} yang terbentuk dengan nilai positif EA_2 yang tinggi hanya dapat terjadi bila ion O^{2-} berada dalam bentuk senyawa. Misalnya, $MgO_{(s)}$ yang bentuknya disertai dengan proses energi positif.

Secara umum, tren periodik afinitas elektron adalah kebalikan dari jari-jari atom. Semakin kecil jari-jari atom, semakin banyak elektron valensi yang berada lebih dekat ke inti dan akan semakin merasakan pengaruh muatan efektif inti. Pada akhirnya elektron akan tertarik lebih kuat karena penambahan elektron dibarengi dengan pelepasan energi yang relatif besar. Begitu pula sebaliknya, sehingga dapat dikatakan bahwa pada golongan yang sama, dari atas ke bawah nilai afinitas elektron umumnya semakin kecil.

Pada periode dengan bertambahnya nomor atom, jari-jari atom semakin mengecil karena muatan inti efektif semakin tinggi sehingga nilai afinitas elektron cenderung meningkat (nilai negatifnya semakin tinggi). Semakin kecil jari-jari atom, semakin besar afinitas elektronnya. Secara umum afinitas elektron golongan logam sangat rendah sedangkan golongan nonlogam sangat tinggi (kecuali gas mulia).

Tabel 5.7. Nilai afinitas elektron atom-atom pada golongan utama (KJ/mol)

IA								VIIIA
H		IIA	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	He
-72,8								-
Li	Be		B	C	N	O	F	Ne
-59,6	240		-83	-123	-7	-141	-322	29
Na	Mg		Al	Si	P	S	Cl	Ar
-52,9	230		-50	-120	-74	-200,4	-348,6	35
K	Ca		Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
-48,4	156		-36	-116	-77	-195	-324,5	39
Rb	Sr		In	Sn	Sb	Te	I	Xe
-46,9	168		-34	-121	-103	-190,2	-295,2	41
Cs	Ba		Ti	Pb	Bi	Po	At	Rn
-45,6	52		-50	-101	-101	-186	-270	-

5.3.4 Keelektronegatifan

Molekul adalah hasil penggabungan antara atom sejenis karena dipengaruhi oleh jumlah elektron. Dengan kata lain atom sejenis dapat berikatan secara kovalen membentuk molekul. Jumlah elektron dalam suatu atom dapat mempengaruhi sifat suatu molekul, misalnya sifat keelektronegatifan. Keelektronegatifan adalah kemampuan suatu atom untuk menarik elektron ke dalam ikatannya ketika atom tersebut membentuk ikatan. Nilai keelektronegatifan tidak ditentukan secara langsung melainkan melalui estimasi (perhitungan), dan ada berbagai cara untuk memperkirakannya, sehingga diketahui beberapa skala keelektronegatifan. Skala keelektronegatifan yang cukup populer adalah skala hasil temuan Linus Pauling, seorang ahli kimia berkebangsaan Amerika pada tahun 1932 yang besarnya telah ditetapkan yaitu antara 0,7 hingga 4,0.

Selain istilah elektronegatif, ada juga istilah elektropositif. Atom-atom yang terikat membentuk suatu senyawa, jika atom ke-1 memiliki skala keelektronegatifan lebih tinggi, maka dikatakan lebih elektronegatif. Sedangkan atom ke-2 lebih elektropositif. Misalnya fluor memiliki nilai keelektronegatifan sebesar 4,0 sehingga paling mudah menarik elektron dari atom lain. Demikian sebaliknya fransium memiliki nilai keelektronegatifan terendah sebesar 0,7 sehingga paling mudah melepaskan elektron.

Unsur yang mempunyai nilai keelektronegatifan besar cenderung menerima elektron dan membentuk ion negatif. Unsur yang mempunyai nilai keelektronegatifan kecil cenderung kehilangan elektron dan membentuk ion positif. Faktor yang mempengaruhi keelektronegatifan adalah gaya tarik inti terhadap elektron dan jari-jari atom. Untuk unsur-unsur dalam golongan yang sama, keelektronegatifan mereka menjadi lebih kecil seiring dengan penurunannya, karena gaya tarik menarik inti menjadi lebih lemah. Untuk unsur-unsur dalam periode yang sama, keelektronegatifan ke kanan semakin besar. Keelektronegatifan terbesar pada setiap periode terdapat pada golongan VII A (unsur halogen).

Tabel 5.8. Nilai elektronegatifitas unsur (eV).

H 2,2																	He -
Li 1,0	Be 1,6											B 2,0	C 2,6	N 3,0	O 3,4	F 4,0	Ne -
Na 0,9	Mg 1,3											Al 1,6	Si 1,9	P 2,2	S 2,6	Cl 3,2	Ar -
K 0,8	Ca 1,0	Sc 1,3	Ti 1,5	V 1,6	Cr 1,6	Mn 1,5	Fe 1,8	Co 1,8	Ni 1,8	Cu 1,9	Zn 1,6	Ga 1,8	Ge 2,0	As 2,2	Se 2,6	Br 3,0	Kr 2,9
Rb 0,8	Sr 1,0	Y 1,2	Zr 1,4	Nb 1,6	Mo 1,8	Tc 1,9	Ru 2,2	Rh 2,2	Pd 2,2	Ag 1,9	Cd 1,7	In 1,8	Sn 2,0	Sb 2,1	Te 2,1	I 2,7	Xe 2,6
Cs 0,7	Ba 0,9	La 1,1-1,2	Hf 1,3	Ta 1,5	W 1,7	Re 1,9	Os 2,2	Ir 2,2	Pt 2,2	Au 2,4	Hg 1,9	Tl 2,0	Pb 2,3	Bi 2,0	Po 2,0	At 2,2	Rn -
Fr 0,7	Ra 0,9	Ac 1,1-1,7	Keterangan : 1 eV = 13,06 Kkal/mol = 96,5 KJ/mol.														

Keterangan : 1 eV = 13,06 Kkal/mol = 96,5 KJ/mol.

5.3.5 Elektron Valensi

Dalam konfigurasi elektron, nomor golongan menunjukkan elektron valensi sedangkan nomor periode menunjukkan jumlah kulit elektron. Elektron valensi menunjukkan jumlah elektron yang terdapat pada kulit terluar dari suatu atom. Elektron valensi adalah jumlah elektron yang terlibat dalam pembentukan suatu ikatan antar atom. Elektron valensilah yang menentukan sifat-sifat suatu atom, terutama sifat kimia atom tersebut.

Dalam tabel periodik unsur, unsur-unsur yang segolongan mempunyai elektron valensi yang sama (sifat kimia yang sama), dan mempunyai jumlah kulit yang berbeda. Sedangkan unsur-unsur yang seperiode mempunyai elektron valensi yang berbeda (sifat kimia berbeda) dan mempunyai jumlah kulit yang sama.

Tabel 5.9. Elektron valensi beberapa atom

Atom	Nomor atom	Konfigurasi Elektron			Valensi
		Kulit K	Kulit L	Kulit M	
Hidrogen	1	1s ¹			1
Helium	2	1s ²			2
Litium	3	1s ²	2s ¹		1
Berilium	4	1s ²	2s ²		2
Boron	5	1s ²	2s ² 2p ¹		3
Neon	10	1s ²	2s ² 2p ⁶		8
Natrium	11	1s ²	2s ² 2p ⁶	3s ¹	1
Fosfor	15	1s ²	2s ² 2p ⁶	3s ² 3p ³	5
Argon	18	1s ²	2s ² 2p ⁶	3s ² 3p ⁶	8

5.3.6 Konfigurasi Elektron dan Letak Unsur

Teori atom menurut Bohr mendasari penentuan konfigurasi elektron menggunakan nomor atom. Setiap atom memiliki nomor atom yang berbeda-beda sehingga dapat berpengaruh terhadap konfigurasi elektron suatu atom. Untuk unsur segolongan dalam tabel periodik unsur, kulit elektron suatu atom bertambah seiring bertambahnya nomor atom. Sedangkan untuk unsur seperiode dalam tabel periodik unsur, kulit elektronnya tetap konstan seiring bertambahnya nomor atom. Dalam menentukan sebaran elektron ke dalam orbital (penentuan konfigurasi elektron) suatu atom, perlu diperhatikan 3 kaidah umum, yakni kaidah Aufbau, Pauli, dan Hunt.

Tabel 5.10. Konfigurasi elektron beberapa atom

IA		IIA		IIIA	→	VIIIA	
¹ H	1e					² He	2e
³ Li	2e - 1e	⁴ Be	2e-2e	⁵ B	2e-3e	¹⁰ Ne	2e-8e
¹¹ Na	2e-8e-1e	¹² Mg	2e-8e-2e	¹³ Al	2e-8e-3e	¹⁸ Ar	2e-8e-8e
¹⁹ K	2e-8e-8e-1e	²⁰ Ca	2e-8e-8e-2e	³¹ Ga	2e-8e-18e-3e	³⁶ Kr	2e-8e-18e-8e
dst		dst		dst		dst	

5.3.7 Kereaktifan

Atom-atom logam dalam sistem periodik unsur, makin ke bawah makin reaktif karena mudah melepaskan elektron. Demikian pula sebaliknya, atom-atom bukan logam dalam sistem periodik

unsur, makin ke bawah makin kurang reaktif karena makin sukar menangkap elektron. Jadi, kereaktifan suatu atom bergantung kepada kecenderungan atom tersebut melepaskan atau menerima elektron. Unsur yang paling reaktif adalah unsur yang terletak pada golongan 17 (VIIA) atau unsur halogen. Dari kiri ke kanan, unsur dalam seperiode, pada mulanya menunjukkan penurunan kereaktifan, kemudian bertambah. Namun unsur dalam golongan 18 (VIIIA) atau gas mulia tidak reaktif karena stabil.

5.3.8 Sifat Kelogaman Atom

Atom-atom dalam tabel periodik unsur dikelompokkan menjadi unsur logam (*metal*), unsur semilogam (*metalloid*), dan unsur bukan logam (*nonmetal*). Golongan 1 (IA) dan golongan 2 (IIA) merupakan golongan yang memiliki unsur logam paling banyak. Sedangkan golongan 17 (VIIA) dan golongan 18 (VIIIA) merupakan golongan yang memiliki unsur bukan logam paling banyak.

1. Unsur Logam

Pada Tabel Periodik Unsur, sifat logam segolongan semakin ke atas semakin berkurang. Demikian pula sifat logam seperiode, semakin ke kanan semakin berkurang. Lebih dari $\frac{3}{4}$ unsur dalam TPU merupakan unsur logam. Posisi unsur logam terletak di sebelah kiri mulai dari golongan IA, golongan transisi, hingga batas unsur semilogam.

Sifat unsur logam adalah mengkilat, dapat menghantarkan panas dan arus listrik, dapat ditempa menjadi pelat tipis, dan dapat direntangkan menjadi kawat. Sifat-sifat logam menjadi pembeda dengan unsur bukan logam. Sifat logam dalam TPU bertambah ke bawah dan berkurang ke kanan.

Tabel 5.11. Unsur logam

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
6.941 3Li	9.012 4Be													
22.99 11Na	24.31 12Mg											26.98 13Al		
39.10 19K	40.08 20Ca	44.96 21Sc	47.87 22Ti	50.94 23V	52.00 24Cr	54.94 25Mn	55.85 26Fe	58.93 27Co	58.69 28Ni	63.55 29Cu	65.39 30Zn			
85.47 37Rb	87.62 38Sr	88.91 38Y Deret Lantanida	91.22 40Zr	92.91 41Nb	95.94 42Mo	(99) 43Tc	101.1 44Ru	102.9 45Rh	106.4 46Pd	107.9 47Ag	112.4 48Cd	114.8 49In	118.7 50Sn	
132.9 55Cs	137.3 56Ba	(226) 88Ra Deret Aktinida	178.49 72Hf	180.95 73Ta	183.85 74W	186.23 75Re	190.2 76Os	192.22 77Ir	195.09 78Pt	196.97 79Au		204.37 81Tl	207.2 82Pb	208.98 83Bi

2. Unsur Semilogam (*Metaloid*)

Unsur yang terletak di antara unsur logam dan bukan logam adalah semilogam (*metaloid*). Unsur semilogam diletakkan pada golongan 13 (IIIA) hingga golongan 16 (VIA) yaitu atom ${}_5\text{B}$, ${}_{14}\text{Si}$, ${}_{32}\text{Ge}$, ${}_{33}\text{As}$, ${}_{51}\text{Sb}$, ${}_{52}\text{Te}$, dan ${}_{84}\text{Po}$. Selebihnya 6 atom bersifat logam, 4 atom bersifat bukan logam, 2 atom bersifat gas, dan 1 atom bersifat cair.

Tabel 5.12. Unsur semilogam

13	14	15	16
10.81 ${}_5\text{B}$ Boron			
	28.09 ${}_{14}\text{Si}$ Silikon		
	72.61 ${}_{32}\text{Ge}$ Germanium	74.92 ${}_{33}\text{As}$ Arsen	
		121.8 ${}_{51}\text{Sb}$ Antimon	127.6 ${}_{52}\text{Te}$ Telurium
			(209) ${}_{84}\text{Po}$ Polonium

3. Unsur Bukan Logam

Dalam tabel periodik unsur, atom-atom bukan logam terletak di bagian kanan mulai golongan IVA sampai golongan VIIIA. Wujud unsur bukan logam bervariasi. Ada berwujud gas, padat dan cair. Unsur bukan logam ada yang reaktif seperti golongan VIIA (golongan halogen) dan yang tidak reaktif seperti golongan VIIIA (gas mulia). Unsur bukan logam ada yang bersifat penghantar listrik yang baik contohnya karbon, biasa digunakan dalam batu baterai. Titik didih dan titik leleh unsur bukan logam umumnya sangat rendah kecuali karbon.

Tabel 5.12. Unsur bukan logam

1 I A	12 II B	13 III A	14 IV A	15 V A	16 VI A	17 VII A	18 VIII A
1 1.008 ${}^1_1\text{H}$ Hidrogen							4.003 ${}^2_2\text{He}$ Helium
2			12.01 ${}^6_6\text{C}$ Karbon	14.01 ${}^7_7\text{N}$ Nitrogen	16.00 ${}^8_8\text{O}$ Oksigen	19.00 ${}^9_9\text{F}$ Fluor	20.18 ${}^{10}_{10}\text{Ne}$ Neon
3				30.97 ${}^{15}_{15}\text{P}$ Fosfor	32.07 ${}^{16}_{16}\text{S}$ Belerang	35.45 ${}^{17}_{17}\text{Cl}$ Klor	39.95 ${}^{18}_{18}\text{Ar}$ Argon
4		69.72 ${}^{31}_{31}\text{Ga}$ Galium			78.96 ${}^{34}_{34}\text{Se}$ Selenium	79.90 ${}^{35}_{35}\text{Br}$ Brom	83.80 ${}^{36}_{36}\text{Kr}$ Kripton
5						126.9 ${}^{53}_{53}\text{I}$ Iodium	131.3 ${}^{54}_{54}\text{Xe}$ Xenon
6		200.59 ${}^{80}_{80}\text{Hg}$ Raksa				(210) ${}^{85}_{85}\text{At}$ Astatin	(222) ${}^{86}_{86}\text{Rn}$ Radon
7	(223) ${}^{87}_{87}\text{Fr}$ Fransium						

DAFTAR PUSTAKA

- Achmadi, Suminar Setiati (2011). *Kimia Dasar (Prinsip-Prinsip Dan Aplikasi Modern)* diterjemahkan dari buku: *General Chemistry*, Edisi IX, Jilid I, Jakarta, Penerbit Erlangga.
- Anonymous (2013). *General Chemistry*, Wikibooks.org, <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/08/GeneralChemistry.pdf>
- Anshory, Irfan (1985). *Penuntun Pelajaran KIMIA Berdasarkan Kurikulum 1984*, Bandung, Ganeca Exat.
- Botahala, Loth (2014). *Kimia Dasar I*, Repositori Universitas Tribuana Kalabahi, https://repo.untribkalabahi.ac.id/xmlui/bitstream/handle/123456789/293/1605957733045_KIMIA%20DASAR.pdf?sequence=-1&isAllowed=y
- Botahala, Loth & Djasibani, Hemy Ratmas (2023). *Dasar-Dasar Ilmu Kimia-1 (Fundamentals of Chemistry Science-1)*, Cetakan Pertama, Yogyakarta, Deepublish Publisher. ISBN: 978-623-02-7128-1
- Botahala, L (2024) Daftar Tabel & Konfigurasi Unsur Kimia, https://www.academia.edu/114735924/Daftar_Tabel_and_Konfigurasi_Unsur_Kimia
- Chang Raymond (2010). *Chemistry*, 10th edition, McGraw-Hill Companies.
- Dean A. John (1999). *Lange's Handbook of Chemistry*, Fifteenth Edition, University of Tennessee, Knoxville
- Elsair Romain (2012). *Fundamentals of Chemistry*, download free ebooks at www.bookboon.com
- McCool Nipples and Orngjce (2013) *General Chemistry*, a free online textbook, Wikibooks.org
- Prasetiawan, Widi (2008). *Kimia Dasar I*, Jakarta, Cerdas Pustaka. ISBN: 978-979-18577-4-1.
- Sastrohamidjojo, Hardjono (2010). *Kimia Dasar*, Yogyakarta, Gadjah Mada University Press. ISBN: 979-420-489-7.
- Sunarya, Yayan (2012) *Kimia Dasar 1*, Bandung, CV. Yrama Widya. ISBN: 978-979- 543-929-5.

- Susilowati, Endang (2009). *Theory and Application of Chemistry 1*, Surakarta, Tiga Serangkai. ISBN: 978-979-045-247-3.
- Taihuán, Phan (2010). *General Chemistry I*, Modul, Faculty of Food Science and Technology, Nong Lam University.
- Utami, Budi; Saputro, Agung Nugroho Catur; Mahardiani, Lina; Yamtinah, Sri; Mulyani, Bakti (2009). *Kimia 1 : Untuk SMA/MA Kelas X*, Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional, Jakarta. CV. HaKa MJ.
- Zumdahl, Steven S. & Zumdahl, Susan A. (2007). *Chemistry*, Seventh Edition, Houghton Mifflin Company Boston, New York. ISBN: 978-0-618-52844-8.

DAFTAR TABEL PERIODIK UNSUR

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
IA	II A	Mass Nomor	14.01 Nitrogen	Symb ol		Gas Loga m			Non- em.			III A	IV A	VA	VI A	VII A	VIII A
1 1.008 Hidrogen																	4.003 He
2 6.941 Li	9.012 Be											10.81 B	12.01 C	14.01 N	16.00 O	19.00 F	20.18 Ne
3 22.99 Na	24.31 Mg	III B	IV B	V B	VI B	VII B	VIII B	IB	II B			26.98 Al	28.09 Si	30.97 P	32.07 S	35.45 Cl	39.95 Ar
4 39.10 K	40.08 Ca	44.96 Sc	47.87 Ti	50.94 V	52.00 Cr	54.94 Mn	55.85 Fe	58.93 Co	58.69 Ni	63.55 Cu	65.39 Zn	69.72 Ga	72.61 Ge	74.92 As	78.96 Se	79.90 Br	83.80 Kr
5 85.47 Rb	87.62 Sr	88.91 Y	91.22 Zr	92.91 Nb	95.94 Mo	(99) Tc	101.1 Ru	102.9 Rh	106.4 Pd	107.9 Ag	112.4 Cd	114.8 In	118.7 Sn	121.8 Sb	127.6 Te	126.9 I	131.3 Xe
6 132.9 Cs	137.3 Ba	Direct Lanthanide	178.49 Hf	180.95 Ta	183.85 W	186.23 Re	190.2 Os	192.22 Ir	195.09 Pt	196.97 Au	200.59 Hg	204.37 Tl	207.2 Pb	208.98 Bi	209 Po	(210) At	(222) Rn
7 (223) Fr	(226) Ra	Direct Actinide	(261) Th	(262) Pa	(263) U	(264) Np	(265) Pu										
Lantanida	138.9 La	140.12 Ce	140.91 Pr	144.24 Nd	(145) Pm	150.4 Sm	151.96 Eu	157.25 Gd	158.93 Tb	162.5 Dy	164.93 Ho	167.26 Er	168.93 Tm	173.04 Yb	174.97 Lu		
Aktinida	(227) Ac	232.04 Th	231.04 Pa	238.03 U	273.05 Np	(244) Pu	(243) Am	(247) Cm	(249) Bk	(251) Cf	(254) Es	(257) Fm	(258) Md	(259) No	(260) Lr		
Actinium	Torium	Protactinium	Uranium	Neptunium	Plutonium	Americium	Curium	Berkelium	Kalifornium	Einsteinium	Mendelevium	Nobelium	Lutetium				

96

PERSAMAAN ELEKTRON VALENSI DALAM TABEL PRIODIK UNSUR

[illegible]

BAB 6

KESETIMBANGAN KIMIA

Oleh Ani Siti Wiryani, M.Si

6.1 Pendahuluan

Apa yang terlintas dalam pikiran Anda ketika mendengar kata 'Keseimbangan'? Mungkin Anda membayangkan sesuatu yang terkait dengan timbangan. Dan memang benar, kata 'Keseimbangan' di sini terkait dengan timbangan. Mari perhatikan gambar di bawah ini!



Gambar 6.1. Timbangan Manual

(Sumber : <https://serviceacjogja.pro/alat-ukur-berat/>)

Pasti Anda mengenalnya dan sering menjumpainya dalam kehidupan sehari-hari. Ketika sebuah timbangan berada dalam keadaan seimbang, jarum penunjuk timbangan berada dalam posisi lurus dan diam, menandakan bahwa massa di bagian kiri dan bagian kanan timbangan sama. Ini dapat dijadikan analogi untuk kondisi keseimbangan dalam ilmu kimia. Istilah keseimbangan kimia mengindikasikan bahwa laju reaksi ke arah kanan dan kiri memiliki

nilai yang sama. Namun, penting untuk dicatat bahwa kesetimbangan kimia bersifat dinamis, tidak seperti timbangan massa yang statis atau diam. Pada pembahasan kali ini, kita akan memahami konsep reaksi kesetimbangan dalam konteks reaksi kimia. Mari kita pelajari dengan seksama di dalam buku ini!

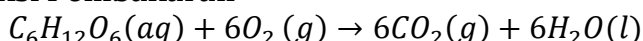
6.1.1 Reaksi Kimia

1. Reaksi Satu Arah (*Irreversible*)

Suatu senyawa dapat mengalami reaksi kimia jika ditambahkan zat lain yang reaktif. Namun, reaksi tersebut bisa saja terjadi secara searah ataupun dua arah. Contohnya jika kita membakar kayu, lalu hasilnya menjadi abu. Apakah abu tersebut dapat balik menjadi kayu seperti semula? Jawabannya tidak. Artinya, reaksi pembakaran kayu tersebut berjalan satu arah atau tidak dapat balik (reaksi irreversible).

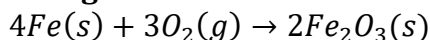
Reaksi kimia irreversible adalah suatu proses di mana reaktan-reaktan bereaksi dan membentuk produk-produk, dan produk-produk tersebut tidak dapat dengan mudah kembali menjadi reaktan awal. Reaksi ini umumnya berlangsung searah dan sulit dibalik. Dengan kata lain, setelah produk terbentuk, sulit untuk mengembalikan sistem ke kondisi reaktan awal. Contoh reaksi irreversible adalah sebagai berikut:

a. Reaksi Pembakaran



Reaksi pembakaran glukosa dalam kehidupan sehari-hari adalah contoh reaksi kimia irreversible. Ketika glukosa terbakar di dalam sel, hasil akhirnya adalah karbon dioksida dan air. Produk ini tidak dapat dengan mudah kembali menjadi glukosa.

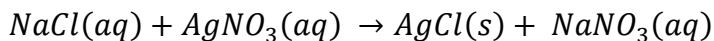
b. Reaksi Korosi Logam



Reaksi korosi besi adalah contoh reaksi kimia irreversible. Besi yang terpapar oksigen dan air akan

membentuk karat (oksida besi), dan karat ini tidak dapat dengan mudah dikembalikan menjadi besi murni.

c. Reaksi Pembentukan Garam



Reaksi antara larutan natrium klorida dan larutan perak nitrat membentuk garam perak (AgCl), yang bersifat irreversibel. Garam perak yang terbentuk sulit untuk dikembalikan menjadi natrium klorida dan perak nitrat.

2. Reaksi Dua Arah (*Reversible*)

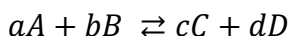
Selain reaksi satu arah, suatu senyawa juga bisa mengalami reaksi dua arah. Contohnya jika saat kita membuat kopi panas di gelas dan gelas tersebut ditutup. Setelah beberapa saat, kita membuka tutup gelas tadi, pasti terdapat embun air yang menempel hasil penguapan air panas dalam kopi. Namun, ketika kita mengetukkan tutup gelas, embun air tersebut jatuh kembali ke dalam gelas kopi tadi. Kita dapat menganalogikan contoh tersebut sebagai reaksi dua arah, atau dapat balik (*reversible*). Reaksi *reversible* ini kemudian dapat dijelaskan dengan hukum aksi massa.

6.1.2 Definisi Keseimbangan Kimia

Keseimbangan kimia merujuk pada keadaan di mana laju reaksi ke depan sama dengan laju reaksi ke belakang, sehingga konsentrasi reaktan dan produk tetap konstan. Keseimbangan ini dapat terjadi dalam berbagai sistem kimia, baik dalam fase gas, cair, maupun padat.

6.1.3 Hukum Aksi Massa

Hukum aksi massa menyatakan bahwa pada suhu tetap, keseimbangan kimia dapat diungkapkan dalam bentuk persamaan matematika yang melibatkan konsentrasi molar produk dan reaktan.



Di mana:

1. a , b , c , dan d adalah koefisien stoikiometri dalam persamaan reaksi.

2. A, B, C, dan D mewakili jenis-jenis zat kimia.
3. Panah ganda ($\rightleftharpoons$) menunjukkan bahwa reaksi berlangsung ke arah produk dan ke arah reaktan.

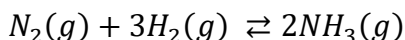
6.1.4 Jenis-Jenis Reaksi Kesetimbangan

Dilihat dari bentuk zat-zat dalam kondisi kesetimbangan, reaksi kimia kesetimbangan dapat dikelompokkan menjadi dua kategori, yaitu kesetimbangan homogen dan heterogen. Mari perhatikan penjelasannya berikut ini:

1. Kesetimbangan Homogen

Kesetimbangan homogen terjadi ketika semua zat yang terlibat dalam reaksi kimia berada dalam satu fase yang sama (misalnya, fase gas, fase cair, atau fase padat).

Contoh:

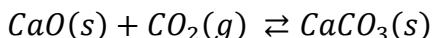


- a. Semua zat dalam reaksi berada dalam fase yang sama
- b. Hukum kesetimbangan berlaku untuk konsentrasi molar
- c. Contoh kesetimbangan homogen termasuk reaksi gas, cair, atau padat dalam satu fase

2. Kesetimbangan Heterogen

Kesetimbangan heterogen terjadi ketika zat-zat yang terlibat dalam reaksi kimia berada dalam dua atau lebih fase yang berbeda (misalnya, gas dan padatan, cair dan padatan).

Contoh:



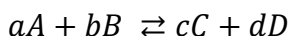
- a. Zat-zat dalam reaksi berada dalam dua atau lebih fase yang berbeda.
- b. Hukum kesetimbangan berlaku untuk konsentrasi maupun tekanan parsial (gas juga terlibat).
- c. Contoh kesetimbangan heterogen termasuk reaksi antara gas dan padatan atau antara cairan dan padatan.

6.2 Konstanta Keseimbangan

Tetapan keseimbangan (K) adalah konsep penting dalam kimia yang menggambarkan hubungan antara konsentrasi produk dan reaktan pada suatu reaksi keseimbangan kimia. Modul ini akan membahas pengertian dan perhitungan tetapan keseimbangan.

6.2.1 Definisi Tetapan Keseimbangan (K)

Perhatikan reaksi yang dituliskan dibawah ini:



Tetapan keseimbangan K dinyatakan sebagai hasil bagi konsentrasi produk dibagi konsentrasi reaktan yang masing-masing dipangkatkan koefisien stoikiometri dalam persamaan reaksi. Konsentrasi yang digunakan adalah molaritas.

$$K = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$$

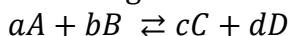
Keterangan:

- a. K = Tetapan Keseimbangan
- b. $[A]$ = Molaritas zat A (M)
- c. $[B]$ = Molaritas zat B (M)
- d. $[C]$ = Molaritas zat C (M)
- e. $[D]$ = Molaritas zat D (M)

6.2.2 Hubungan Q dan K_c

Konsep Q (*quocient*) digunakan untuk mengevaluasi posisi suatu reaksi pada suatu titik tertentu sebelum atau setelah mencapai keseimbangan.

Jika diketahui suatu reaksi sebagai berikut:



Maka, Q (*quocient*), dapat dituliskan sebagai berikut:

$$Q = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$$

Keterangan:

- a. Jika $Q < K$, reaksi bergeser ke arah produk
- b. Jika $Q > K$, reaksi bergeser ke arah reaktan
- c. Jika $Q = K$, sistem berada dalam keseimbangan

6.3 Pergeseran Kesetimbangan Kimia

Industri di seluruh dunia sering kali menerapkan prinsip kesetimbangan, dengan fokus utama pada efisiensi produksi optimal. Upaya mencapai tujuan tersebut melibatkan modifikasi sistem kesetimbangan yang ada. Materi sebelumnya telah membahas konsep tentang kesetimbangan. Pertanyaannya, apakah kesetimbangan dapat mengalami pergeseran? Jawabannya tentu, karena kesetimbangan kimia dapat mengalami pergeseran sebagai hasil dari pengaruh eksternal yang diberikan kepadanya. Pergeseran kesetimbangan kimia dapat dijelaskan melalui beberapa faktor, seperti:

6.3.1 Azas Le Chatelier

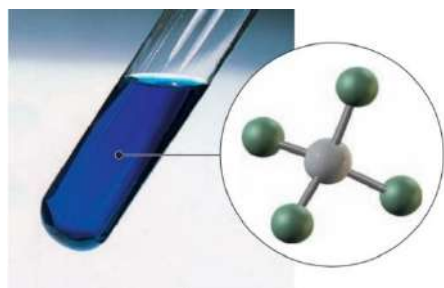
Azas Le Chatelier adalah suatu prinsip kimia yang menjelaskan bagaimana sistem pada kondisi kesetimbangan akan merespon terhadap perubahan kondisi tertentu. Prinsip ini dinamai dari ahli kimia Prancis, Henri Le Chatelier, yang merumuskannya pada akhir abad ke-19. Azas Le Chatelier menyatakan bahwa jika suatu sistem pada kesetimbangan dikenai pengaruh perubahan kondisi tertentu, sistem tersebut akan menyesuaikan diri untuk mencapai keseimbangan baru.

6.3.2 Faktor – Faktor yang Mempengaruhi Pergeseran Kesetimbangan Kimia

Sebuah sistem yang berada dalam kondisi kesetimbangan memiliki kecenderungan untuk menjaga keseimbangannya, sehingga jika ada pengaruh eksternal, sistem akan mengalami perubahan guna segera mencapai keseimbangan kembali, sesuai dengan prinsip Azas Le Chatelier. Apa saja faktor-faktor yang dapat memengaruhi kesetimbangan? Berbagai faktor yang dapat menyebabkan pergeseran pada sistem kesetimbangan akan dijelaskan selanjutnya.

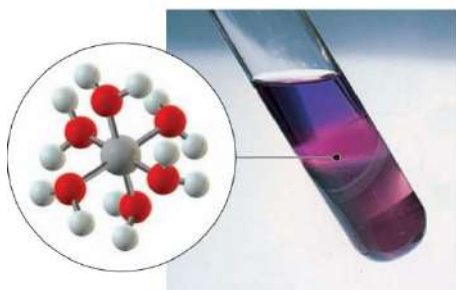
Pengaruh Perubahan Konsentrasi pada Pergeseran Kesetimbangan Kimia

Larutan $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dalam isopropil alkohol dan air berwarna **ungu** yang merupakan campuran dari ion **$[\text{Co}(\text{OH}_2)_6]^{2+}$** dan **$[\text{CoCl}_4]^{2-}$** .



Ketika **Larutan $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$** ditambahkan larutan **HCl (konsentrasi Cl^- bertambah)**, larutan berubah menjadi **warna biru**

Gambar 6.2. Larutan $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ setelah ditambahkan larutan HCl



Ketika **Larutan $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$** ditambahkan larutan **AgNO_3 (konsentrasi Cl^- berkurang karena membentuk endapan AgCl)**, larutan berubah menjadi **warna merah muda**.

Gambar 6.3. Larutan $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ setelah ditambahkan larutan AgNO_3

Mengapa demikian?

Percobaan tersebut menunjukkan bahwa pada kondisi kesetimbangan, semua reaktan dan produk berada dalam sistem reaksi.

Perhatikan Persamaan Reaksi berikut !



Penambahan larutan HCl yang dengan kata lain merupakan *penambahan konsentrasi ion Cl^-* pada **Larutan**

CoCl₂·6H₂O, mengganggu kesetimbangan sistem, sehingga sistem melakukan reaksi untuk mengurangi gangguan (aksi) yang diberikan dengan menggeser kesetimbangan.

Dalam sistem, beberapa ion **[Co(OH₂)₆]²⁺** bereaksi dengan **ion Cl⁻** yang ditambahkan, sehingga kesetimbangan bergeser ke arah produk (kanan), hal tersebut ditunjukkan dengan warna larutan yang berubah menjadi biru karena mengandung lebih banyak ion **[CoCl₄]²⁻** yang berwarna biru.

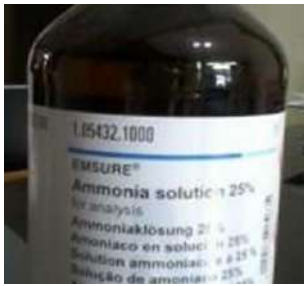
Begitu pula dengan **penambahan larutan AgNO₃** yang dengan kata lain merupakan ***pengurangan konsentrasi ion Cl⁻*** pada **Larutan CoCl₂·6H₂O**, mengganggu kesetimbangan sistem, sehingga sistem melakukan reaksi untuk mengurangi gangguan (aksi) yang diberikan dengan menggeser kesetimbangan.

Dalam sistem, beberapa **ion Cl⁻** bereaksi dengan ion **Ag⁺** dalam larutan AgNO₃ yang ditambahkan, menghasilkan endapan AgCl berwarna putih, sehingga kesetimbangan bergeser ke arah pereaksi (kiri), hal tersebut ditunjukkan dengan warna larutan yang berubah menjadi merah muda karena mengandung lebih banyak ion **[Co(OH₂)₆]²⁺** yang berwarna merah muda.

Dalam mengefisiensikan proses produksi, beberapa sektor industri menggunakan penerapan prinsip pergeseran kesetimbangan kimia, sehingga diharapkan menghasilkan produk yang melimpah tetapi tidak memakan biaya yang besar. **Agar efisien**, kondisi reaksi dikondisikan sedemikian rupa sehingga ***menggeser kesetimbangan ke arah produk dan meminimalkan reaksi balik***. Salah satu contohnya adalah **Industri Pembuatan Amonia**.

Amonia (NH₃) merupakan senyawa nitrogen yang banyak digunakan sebagai bahan dasar pembuatan serat sintetik (nilon dan sejenisnya), pembuatan pupuk (urea dan ZA), dan bahan peledak TNT (Trinitro Toluena). Pembuatan amonia dalam skala besar disebut ***Haber-Bosch***.

Bagaimana cara pabrik mengefisiensikan produksi amonia?



Gambar 6.4. Larutan Amonia

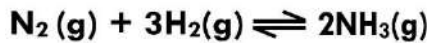


Gambar 6.5. Pabrik Pembuatan Amonia

Berikut ini adalah beberapa cara yang dapat dilakukan untuk mengefisiensikan produksi amonia:

1. Menambah Konsentrasi N_2

Perhatikan reaksi kesetimbangan pembentukan amonia berikut ini:



Ke dalam sistem kesetimbangan tersebut **ditambahkan gas N_2 sebanyak 1000 mol/L**. Sistem mendapat gangguan berupa penambahan konsentrasi gas nitrogen, untuk mengurangi pengaruh dari gangguan tersebut, sistem melakukan pergeseran kesetimbangan dan membentuk kesetimbangan baru. Kesetimbangan baru yang terbentuk berbeda dengan kondisi kesetimbangan awal, kesetimbangan baru tidak akan kembali pada kesetimbangan awal kecuali ada gangguan lain yang membuatnya kembali pada kondisi tersebut.

Perhatikan data berikut ini !

Posisi Kesetimbangan I		Posisi Kesetimbangan II
$[N_2] = 0,399 \text{ M}$		$[N_2] = 1,348 \text{ M}$
$[H_2] = 1,197 \text{ M}$		$[H_2] = 1,044 \text{ M}$
$[NH_3] = 0,203 \text{ M}$		$[NH_3] = 0,304 \text{ M}$

Gambar 6.6. Data konsentrasi setiap spesi, pada reaksi kesetimbangan pembentukan amonia.

Posisi Keseimbangan I merupakan kondisi kesetimbangan awal sebelum ditamlehkannya 1000 mol/L gas Nitrogen. Sedangkan Posisi Keseimbangan II merupakan kesetimbangan baru yang terbentuk setelah gas Nitrogen ditambahkan. Konsentrasi NH_3 bertambah dari 0,203 M menjadi **0,304 M**. **Namun ketika ditambahkan gas Nitrogen, apakah semua N_2 akan membentuk NH_3 ?**

Perhatikan gambar berikut !



Gambar 6.7. Simbolik dari Submikroskopis

Pada posisi kesetimbangan baru terdapat N_2 dengan konsentrasi 1,348 M. Nilai konsentrasi tersebut lebih besar dibandingkan konsentrasi N_2 pada kondisi kesetimbangan awal, sebelum ditamlehkannya N_2 pada sistem yaitu sebesar 0,399 M. Hal tersebut menunjukkan **tidak semua N_2 yang ditambahkan membentuk NH_3** .

Mengapa tidak semua N_2 yang ditambahkan bereaksi membentuk NH_3 ?

Apa yang menjadi patokan amonia tidak terbentuk kembali dan membentuk kesetimbangan baru ?

Karena **nilai K_c harus tetap**. Nilai K_c merupakan patokan N_2 yang ditambahkan, menggeser kesetimbangan sedemikian rupa untuk mengurangi gangguan tersebut

dengan bereaksi membentuk NH_3 dan membentuk kesetimbangan baru.

Perhatikan kembali data berikut ini !

Posisi Kesetimbangan I		Posisi Kesetimbangan II
$[\text{N}_2] = 0,399 \text{ M}$		$[\text{N}_2] = 1,348 \text{ M}$
$[\text{H}_2] = 1,197 \text{ M}$		$[\text{H}_2] = 1,044 \text{ M}$
$[\text{NH}_3] = 0,203 \text{ M}$		$[\text{NH}_3] = 0,304 \text{ M}$

Gambar 6.8. Data konsentrasi setiap spesi, pada reaksi kesetimbangan pembentukan amonia.

Mari kita hitung nilai K_c dari Posisi Kesetimbangan I dan II !

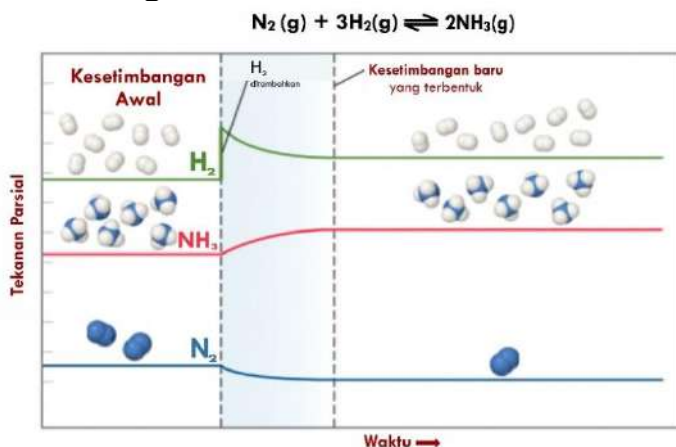
$$\text{Posisi I: } K_c = \frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{N}_2][\text{H}_2]^3} = \frac{[0,203]^2}{[0,399][1,197]^3} = 0,0602$$

$$\text{Posisi II: } K_c = \frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{N}_2][\text{H}_2]^3} = \frac{[0,304]^2}{[1,348][1,044]^3} = 0,0602$$

Penambahan konsentrasi pereaksi **tidak** merubah nilai K_c , dan dapat menggeser kesetimbangan ke arah lawan (produk), sehingga produk yang dihasilkan lebih banyak.

2. Menambah Konsentrasi H_2

Perhatikan gambar berikut !



Gambar 6.9. Simbolik dari Submikroskopis penambahan konsentrasi H_2 pada sistem kesetimbangan pembentukan NH_3

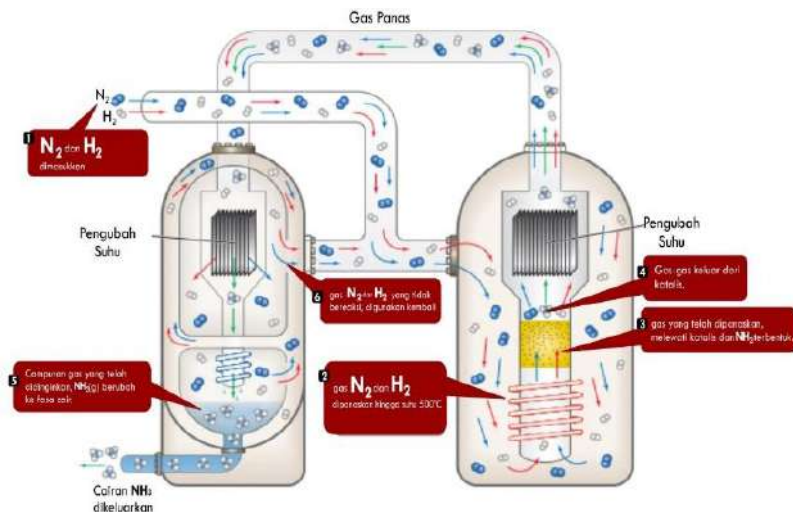
Tekanan Parsial gas Hidrogen meningkat, menandakan konsentrasi H_2 yang telah ditambahkan ke dalam sistem. Gangguan tersebut dikurangi dengan menggeser kesetimbangan ke arah produk (kanan). Beberapa H_2 yang ditambahkan bereaksi dengan N_2 membentuk NH_3 .

Sama halnya dengan penambahan konsentrasi N_2 , penambahan konsentrasi pereaksi tidak merubah nilai K_c , dan dapat menggeser kesetimbangan ke arah lawan (produk), sehingga produk yang dihasilkan lebih banyak.

3. Mengurangi Konsentrasi NH_3

Untuk menambah jumlah produk yang terbentuk, **tidak selalu** dengan menambahkan pereaksi dengan konsentrasi tertentu ke dalam suatu sistem. Tetapi dapat dilakukan dengan mengurangi konsentrasi produk yang terbentuk atau dengan kata lain mengeluarkan produk dari sistem kesetimbangan untuk membentuk kesetimbangan baru.

Perhatikan gambar berikut !



Gambar 6.10. Diagram dari Proses Produksi Amonia

Gas N_2 dan H_2 yang telah dimasukkan ke dalam sistem, dipanaskan hingga $500^\circ C$ yang selanjutnya melewati katalis. Ketika suhu hasil reaksi berupa campuran gas N_2 , H_2 , dan gas

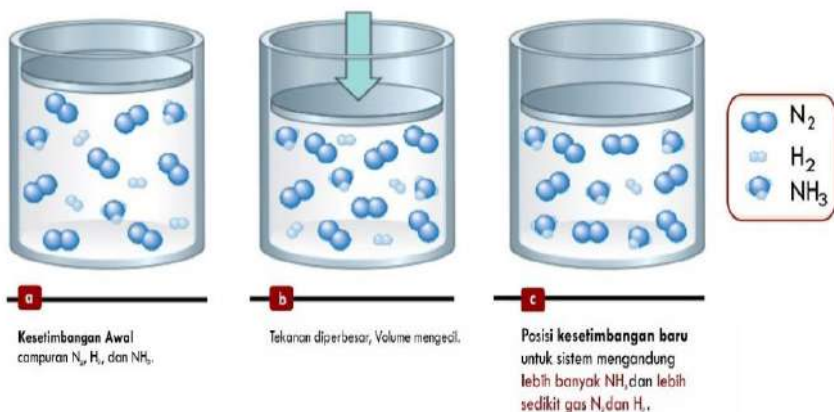
NH_3 telah menurun hingga dingin, cairan NH_3 dikeluarkan dari campuran. Hal tersebut memberikan gangguan pada sistem kesetimbangan, sehingga sistem melakukan usaha mengurangi gangguan tersebut dengan kesetimbangan bergeser ke arah sendiri (produk) yang membuat gas N_2 dan H_2 bereaksi kembali membentuk lebih banyak NH_3 .

Pengurangan konsentrasi produk dapat menggeser kesetimbangan ke arah sendiri (produk), sehingga produk yang dihasilkan lebih banyak.

Pengaruh Perubahan Tekanan dan Volume pada Pergeseran Kesetimbangan Kimia

Dalam industri pembuatan amonia, selain menerapkan pengaruh konsentrasi terhadap pergeseran kesetimbangan ternyata dapat digunakan pengaruh **tekanan dan volume** untuk menambah jumlah produk yang dihasilkan.

Perhatikan gambar berikut !



Gambar 6.11. Simbolik dari submikroskopis dari pengaruh tekanan dan volume terhadap pergeseran kesetimbangan pada reaksi kesetimbangan pembentukan amonia.

Dari gambar tersebut penambahan tekanan pada konteiner membuat volume menjadi lebih kecil dari sebelumnya dan memberikan pengaruh pada pergeseran kesetimbangan. Perhatikan jumlah NH_3 pada kesetimbangan baru yang ditunjukkan oleh **Gambar 6.11 point c**, jumlahnya meningkat seiring dengan meningkatnya tekanan.

Gas sangat dipengaruhi oleh perubahan tekanan. Seperti yang ditunjukkan pada persamaan gas ideal berikut ini.

$$PV = nRT$$

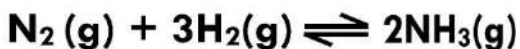
$$P = \left(\frac{n}{V}\right) RT$$

Jadi, **P dan V berbanding terbalik**, semakin besar tekanan semakin kecil volume, dan sebaliknya. Perhatikan juga bahwa suku $\left(\frac{n}{V}\right)$ ialah konsentrasi gas dalam mol per liter, dan **konsentrasinya** ini **berbanding lurus dengan tekanan**.

Bila gas dalam konteiner diberikan tekanan, dan volume gas menjadi berkurang, tekanan dalam konteiner akan meningkat. Hal ini terjadi karena molekul yang ada sekarang terdapat dalam ruang yang lebih kecil dan **molekul bertumbukan dengan dinding konteiner dengan frekuensi yang lebih sering**, sehingga **tekanan lebih besar**. Oleh karena itu, sistem akan bergeser ke arah yang dapat mengurangi tekanan.

Perhatikan Persamaan Reaksi berikut !

4 molekul gas 2 molekul gas



Karena koefisien mewakili jumlah molekul gas, **sistem reaksi dapat mengurangi tekanannya dengan mengurangi jumlah molekul gas yang ada**.

Ini berarti bahwa reaksi bergeser ke produk (kanan), karena dalam arah ini empat molekul (satu molekul nitrogen dan tiga molekul hidrogen) bereaksi menghasilkan **dua molekul amonia**, sehingga mengurangi jumlah total molekul gas yang ada.

Jadi, pada kondisi tekanan gas dalam konteiner diperbesar, posisi kesetimbangan bergeser ke arah produk (kanan) ke arah sisi

reaksi yang **melibatkan jumlah yang lebih kecil dari molekul gas** dalam persamaan setimbang, sehingga produk yang dihasilkan lebih banyak.

Pengaruh Perubahan Suhu pada Pergeseran Kestimbangan Kimia

Pengaruh suhu pada kesetimbangan kimia dapat dilihat dari fenomena berikut ini.

dipanaskan

menambahkan panas : reaksi akan bergeser ke arah produk hingga terjadi kenaikan konsentrasi ion CoCl_4^{2-} yang ditandai oleh perubahan warna larutan menjadi **biru**, dan penurunan konsentrasi ion $\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6^{2+}$.

didinginkan

menghilangkan panas : reaksi akan bergeser ke arah pereaksi hingga terjadi kenaikan konsentrasi ion $\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6^{2+}$ yang ditandai oleh perubahan warna larutan menjadi **merah muda**, dan penurunan konsentrasi ion CoCl_4^{2-} .

Larutan $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dalam isopropil alkohol dan air berwarna **ungu** yang merupakan campuran dari ion $[\text{Co}(\text{OH}_2)_6]^{2+}$ dan $[\text{CoCl}_4]^{2-}$ pada kondisi setimbang.

Gambar 6.12. Pengaruh Perbedaan Suhu pada Larutan $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

Larutan $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dalam isopropil alkohol dan air berwarna **ungu** yang merupakan campuran dari ion $[\text{Co}(\text{OH}_2)_6]^{2+}$ dan $[\text{CoCl}_4]^{2-}$. Ketiga komponen tersebut berkesetimbangan seperti ditunjukkan pada persamaan reaksi berikut ini:



Karena $\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6^{2+}$ merah muda dan CoCl_4^{2-} biru posisi kesetimbangan mudah teramati dari warna larutan. ΔH reaksi tersebut lebih besar dari 0 dan bernilai positif (**endoterm**). Dalam reaksi endotermik, **panas diserap saat reaktan diubah menjadi produk**. Perubahan warna larutan menjadi **biru** menandakan kenaikan suhu menyebabkan kesetimbangan bergeser ke arah menghasilkan lebih banyak produk (kanan).

Ketika larutan $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ didinginkan (panas dihilangkan dari sistem) pada kondisi reaksi **endoterm**, warna larutan berubah menjadi **merah muda**. Hal ini menandakan bahwa kesetimbangan bergeser ke arah pereaksi (kiri) karena kini jumlah ion $\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6^{2+}$ lebih banyak dari sebelumnya.

Jadi dalam reaksi **endotermik**, panas **diserap** saat pereaksi diubah menjadi produk. Dengan demikian **kenaikan suhu** menyebabkan kesetimbangan bergeser ke arah yang menghasilkan lebih banyak produk (kanan).

Dalam reaksi **eksotermik**, terjadi sebaliknya. Panas **dihasilkan** saat reaktan diubah menjadi produk. Dengan demikian, **kenaikan suhu** dalam hal ini menyebabkan keseimbangan bergeser ke kiri, ke arah pembuatan lebih banyak pereaksi.

Kita dapat **memperlakukan panas sebagai zat kimia**. Bila **suhu sistem kesetimbangan meningkat**, dalam reaksi endoterm (*heat-absorbing*) kita dapat menganggap panas sebagai pereaksi dan pada reaksi eksoterm (*heat-releasing*), kita dapat menganggap panas sebagai produk.

Endotermik : Pereaksi + panas $\rightleftharpoons$ Produk
Eksotermik : Pereaksi $\rightleftharpoons$ Produk + panas

Secara sederhana, kita dapat memperlakukan panas sebagai pereaksi atau produk dan memprediksikan arah bergesernya kesetimbangan yang terjadi saat terjadi perubahan suhu sistem,

sama hal nya dengan pengaruh yang diberikan ketika pereaksi atau produk yang sesungguhnya ditambahkan atau dikurangi (**perubahan konsentrasi**) pada sistem.

Pendinginan suhu sistem memiliki **efek sebaliknya**. Saat menurunkan suhu, kesetimbangan bergeser ke arah yang menghasilkan panas. Dengan demikian, **mendinginkan reaksi** endotermik menggeser kesetimbangan ke arah pereaksi dan mendinginkan reaksi eksotermik mengubah keseimbangan ke produk.

Endotermik : Pereaksi $\rightleftharpoons$ Produk + **panas**

Eksotermik : Pereaksi + **panas** $\rightleftharpoons$ Produk

DAFTAR PUSTAKA

- Brown. (2012). *Chemistry the Central Science 12th Edition*. USA: Prentice Hall.
- Chang, R. (2005). *Kimia Dasar Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.
- Chang, R. & Overby, J. (2011). *General Chemistry*. New York: McGraw-Hill.
- McMurry, J and R.C. Fay. (2004). *McMurry Fay Chemistry 4th Edition*. Belmont, CA: 20 Pearson Education International.
- Silberberg. (2007). *Principles of General Chemistry*. New York: McGraw-Hill.
- Whitten, K. W., Davis, R. E., Perck, M.L., & Stanley, G. G. (2014). *General Chemistry 10th Edition*. USA: Thomson Brooks/Cole.
- Zumdahl. (2010). *Introductory Chemistry 7th Edition*. USA: 20 Davis Drive Brooks/Cole.

BIODATA PENULIS



Cyndi Prasetya

Dosen Program Studi Pendidikan Kimia
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan,
Universitas Samudra

Cyndi Prasetya, seseorang yang berdomisili di Langsa Provinsi Aceh. Penulis adalah dosen tetap PNS pada Program Studi Pendidikan Kimia Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Samudra. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Prodi Pendidikan Kimia dan melanjutkan S2 pada Prodi Pendidikan IPA di Universitas Syiah Kuala. Sejak tahun 2017 hingga saat ini penulis aktif menekuni bidang Pendidikan sebagai pengajar dan penulis. Karya penulis yang sudah terbit pada buku ber-ISBN, jurnal terakreditasi nasional, yaitu: Kajian Kurikulum Sekolah Dasar dan Pengembangannya serta Strategi Pembelajaran.

Penulis dapat dihubungi melalui e-mail:

prasetya.cyndi@unsam.ac.id

BIODATA PENULIS



Prof. Dr. Akram La Kilo, S.Pd., M.Si.

Dosen Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Gorontalo (UNG)

Prof. Dr. Akram La Kilo, seorang Guru Besar di bidang kimia pernah menjawab sebagai Ketua Jurusan Kimia 2014-2018 dan Ketua Program Studi S2 Pendidikan Kimia 2023-sekarang di UNG. Putera Siompu (Kabupaten Buton Selatan, Sultra) ini dilahirkan pada 11 April 1977 di Tikong, Maluku Utara, dan sekarang beliau tinggal di Gorontalo.

Pendidikan formal Prof. Akram dimulai dengan gelar S1 Pendidikan Kimia dari STIKP Negeri Gorontalo pada tahun 1996. Ia melanjutkan pendidikan S2 dan S3 di bidang Kimia Anorganik di Institut Teknologi Bandung, lulus pada tahun 2007 dan 2012. Tesis dan disertasinya berkaitan dengan sintesis dan karakterisasi material kimia, khususnya perovskit dan turunannya. Judul Disertasinya adalah "Simulasi Komputasi Hantaran Ion di BIMEVOX.

Pengalaman riset Prof. yang hobi *snorkeling* ini meliputi beragam topik seperti material feromagnetik, material elektrolit, insektisida alami, katalis modifikasi, dan simulasi komputasi ion oksida serta pendidikan kimia. Beliau juga terlibat dalam pengabdian masyarakat seperti penyuluhan dan audit halal untuk produk makanan dan minuman serta kegiatan yang mengajak masyarakat untuk terlibat aktif dalam pendidikan.

Publikasinya terdiri dari sejumlah artikel ilmiah yang membahas berbagai topik seperti simulasi atomistic senyawa oksida logam, skrining in silico senyawa dari tumbuhan obat tradisional, dan studi struktur, aktivitas antiviral,. Prof. Akram juga aktif dalam menyampaikan makalah ilmiah dalam berbagai pertemuan/seminar ilmiah baik di tingkat nasional maupun internasional, memberikan wawasan dalam bidang kimia dan pendidikan.

Selain itu, Akram memiliki pengalaman sebagai reviewer penelitian, pemateri di kuliah tamu, dan penguji eksternal di berbagai lembaga serta universitas di dalam negeri. ID Scopus-nya adalah 54896877400, dan dia juga memiliki SINTA ID 6679435.

BIODATA PENULIS



Neny Rochyani

Dosen Program Studi Teknik Kimia
Fakultas Teknik Universitas PGRI Palembang

Penulis lahir di Palembang tanggal 09 Juni, menikah dengan Gonan Sumadi, dikaruniai 2 orang putra Ahmad Fadlan Abdullah latif Al-Ghozali (alm.) dan Muhammad Aufar Nurhasyim Ar-rambani. Menyelesaikan pendidikan S1, S2 pada Jurusan Teknik kimia dan melanjutkan S3 pada program studi ilmu-ilmu lingkungan dengan BKU : Agro Industri Energi di UNSRI-Palembang, pendidikan profesi keinsinyuran (Ir.) pada Unika Atmajaya Jakarta dan memegang registrasi sebagai Insinyur Profesional Madya (IPM) serta ASEAN Eng. Pada bidang penulisan karya ilmiah, sampai dengan saat ini telah menghasilkan karya ilmiah utamanya penelitian yang berhubungan dengan materi ilmu kimia dan lingkungan dengan kajian utama berfokus terhadap restorasi dan pendalaman karakteristik lingkungan sebagai objek penelitian yang menjadi kekuatan pengelolaan lingkungan. Dalam ranah penulisan buku, sampai dengan saat ini telah menghasilkan buku materi ajar dan modul praktikum yang dipakai dan diaplikasikan pada lingkungan perguruan tinggi.

BIODATA PENULIS



A Asmawati S.S.Pd., M.Pd

Dosen Prodi DIII Farmasi IIK Pelamonia

Penulis lahir di Sinjai Pada tanggal 20 Mei 1988. Merupakan anak ke-7 dari 8 bersaudara. Penulis setelah lepas dari Pendidikan SMA di SMAN 2 Sinjai pada tahun 2006, kemudian melanjutkan studi ke LS1 Pendidikan Kimia Universitas Negeri Makassar dan selesai Tahun 2010. Dan melanjutkan Pendidikan S2 pendidikan Kimia di Universitas Negeri Makassar Tahun 2014.

Penulis pernah bekerja pada pusat PPG di Universitas Negeri Makassar selama 4 tahun sambil melanjutkan Magisternya. Dan Penulis pernah pula menjadi dosen LB selama 4 tahun di Prodi IPA Universitas Negeri Makassar. Saat ini adalah dosen tetap program studi DIII Farmasi Institut Ilmu Kesehatan Pelamonia Makassar dan mengampu Mata Kuliah Kimia Dasar, Kimia Organik dan Biokimia. Selain menjadi dosen, saat ini sekaligus merupakan Bagian Evaluasi Akademik di Institut Ilmu Kesehatan Pelamonia.

BIODATA PENULIS



Loth Botahala

Dosen Yayasan Tribuana Alor pada Program Studi Kimia FMIPA
Universitas Tribuana Kalabahi

Loth Botahala, lahir di Fanating, Kabupaten Alor, NTT pada tanggal 24 Mei 1972. Menyelesaikan pendidikan dasar di SD GMIT Fanating tahun 1986 di Alor dan SMP Negeri Molla (SMP Negeri 2 Kalabahi) tahun 1990 di Alor serta SMA Cokroaminoto Ujung Pandang tahun 1993. Memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Industri (Program Studi Teknik Kimia) Fakultas Teknik Universitas “45 Makassar (Universitas Bosowa Makassar), 1 Juni 2001. Memperoleh gelar Magister Sains (14 November 2013) dalam bidang Ilmu Kimia di Universitas Hasanuddin menggunakan beasiswa PPs. Memperoleh Jabatan Fungsional dalam mata kuliah *Kimia Dasar* dari Mendikbud/Menristekdikti melalui Kopertis/LLDikti Wilayah VIII pada 31 Agustus 2014 serta menggeluti bidang *Kimia Terapan* hingga saat ini. Memperoleh Sertifikat Pendidik pada bidang *Ilmu Kimia* dari Kementerian Riset Teknologi dan Pendidikan Tinggi melalui Institut Teknologi Sepuluh Nopember pada tanggal 30 Oktober 2017.

Diangkat menjadi dosen tetap Yayasan Tribuana Alor pada Program Studi Kimia FMIPA Universitas Tribuana Kalabahi 1 April 2011. Pernah menjabat sebagai Ketua Program Studi Kimia tahun 2014-2016, menjabat sebagai Wakil Rektor III tahun 2016-2020, dan menjabat sebagai Kepala UPT Perpustakaan tahun 2020-2025.

Aktif mengajar pada Program Studi Kimia dan Program Studi Teknologi Hasil Pertanian di Universitas Tribuana Kalabahi dengan mata kuliah: Kimia Dasar I dan II, Kimia Dasar II (Organik), Biokimia Umum, Kimia Koloid dan Permukaan, Fisika Kimia Koloid, Kimia Katalis, Kimia Industri, Analisis Bahan Berbahaya di Industri.

Karya tulis dalam bentuk buku yang telah diterbitkan yakni: *Hasil Kajian Penetapan Kawasan Perdesaan Di Kabupaten Alor* (2015), MedGraf Publisher, Yogyakarta, ISBN: 978-979-1920-99-5; *Perbandingan Efektivitas Daya Adsorpsi Sekam Padi dan Cangkang Kemiri terhadap Logam Besi (Fe) pada Air Sumur Gali* (2019), Deepublish, Yogyakarta, ISBN: 978-623-209-613-4; *KIMIA SEMEN: Suatu Kajian Literatur Ilmiah* (2020), Deepublish, Yogyakarta, ISBN: 978-623-0208-70-6; *Deteksi Dini Metabolit Sekunder pada Tanaman = Early Detection of Secondary Metabolites in Plants* (2020), CV. Mitra Cendekia Media, Solok-Sumatera Barat, ISBN: 978-623-95007-9-5; Editor pada Buku: *Biodiesel dari Asam Lemak Bercabang: karakteristik, bahan baku & Teknologi Proses* (2020), penulis: Yoel Pasae, penerbit: Nas Media Pustaka, Makassar, ISBN: 978-623-7644-27-9; *HERBAL BUMBU DAPUR: Jawaban Peningkatan Daya Tahan Tubuh = Herbs Kitchen Spices-Solution for Immune Boosting* (2021), Deepublish, Yogyakarta, ISBN: 978-623-02-3579-5; *USAHA KERIPIK PISANG: Suatu Studi Pengabdian Kepada Masyarakat* (2021), Mitra Cendekia Media, Solok-Sumatera Barat, ISBN: 978-623-5856-20-9; *ADSORPSI ARANG AKTIF: Kimia Permukaan - Kimia Zat Padat - Kimia Katalis* (2022), Deepublish, Yogyakarta, ISBN: 978-623-02-5117-7. *Dasar-Dasar Ilmu Kimia-1 (Fundamentals of Chemistry Science-1)*, Deepublish, Yogyakarta, ISBN: 978-623-02-7128-1 ; ISBN: 978-623-02-7127-4

BIODATA PENULIS



Ani Siti Wiryani, S.Pd., M.Si.

Dosen Program Studi S1 Farmasi
STIKES Muhammadiyah Kuningan

Penulis lahir di Kuningan tanggal 5 Januari 1995. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi S1 Farmasi, STIKES Muhammadiyah Kuningan. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Pendidikan Kimia di Universitas Pendidikan Indonesia dan melanjutkan S2 pada Jurusan Kimia Fisik di Institut Teknologi Bandung. Penulis menekuni bidang Penelitian dan Pengajaran terfokus dalam bidang Kimia Analitik (Anorganik); Kimia Analitik (Obat); Kimia Fisika; Kimia Organik; Biokimia; Fisika Farmasi. Penulis dapat dihubungi melalui e-mail: anisitiwiryani05@gmail.com