



Dinas Pendidikan Aceh



PELAJARAN MUATAN AL-QURAN

KIMIA

FASE E KELAS X



Disusun Oleh : Tim Pengembang Kurikulum

Jalan Tgk. H. Mohd Daud Beureueh Nomor 22 Banda Aceh Kode Pos 23121

Telepon (0651) 22620, Faks (0651) 32386

Website : disdikacehprov.go.id, Email : disdik@acehprov.go.id

Kata Pengantar

Assalamualaikum wr wb

Segala puji hanya milik Allah SWT, Tuhan semesta alam. Shalawat dan salam semoga tercurah kepada Nabi Muhammad SAW, keluarga, sahabat, serta seluruh umatnya yang setia mengikuti ajaran Islam hingga akhir zaman. Alhamdulillah, dengan izin dan rahmat Allah SWT, buku “Kimia Fase E Terintegrasi Al-Quran” ini dapat disusun dan diselesaikan dengan baik. Buku suplemen ini hadir sebagai bentuk upaya menyelaraskan antara ilmu pengetahuan dan nilai-nilai keislaman yang terkandung dalam Al-Qur’an, khususnya dalam bidang Kimia. Penyusunan buku suplemen ini diharapkan dapat menjadi rujukan bagi guru dalam mengintegrasikan ayat-ayat Alquran dan mengaitkan dengan konten materi yang dipelajari peserta didik, sehingga peserta didik dapat melihat keterkaitan yang harmonis antara ayat-ayat kauniyah (alam semesta) dan ayat-ayat Qur’aniyah (wahyu Ilahi), sehingga pembelajaran menjadi lebih bermakna, integratif, dan membentuk karakter islami.



Tim Penyusun

Buku Kimia Fase E Integrasi Al-Quran

Disusun oleh

Pembina:	(Gubernur Aceh)
Penanggung Jawab:	(Kepala Dinas Pendidikan Aceh)
Pengarah Utama:	(Kepala Bidang Pembinaan SMA dan PKLK)
Pengarah: Jhon Abdi, S.Pd., M.Pd Zulbahri Nurdin, S.Pd., M.Ed Luqmanulhakim, S.S	(Pengawas Dinas Pendidikan Aceh) (Analisis Pengembang Kurikulum) (Analisis Teknis Kebijakan)
Penyusun Modul: Dra. Ramlah Zaini, M.Si Ruhul Mukhlisa, S.Pd., M.Pd	(SMA Al-Mishbah Banda Aceh) (SMA Negeri 3 Banda Aceh)
Editor Bahasa Sabariah, S.Pd., M.Pd Muslina, S.Pd., M.Pd Najwa, S.PdI., M.HSc	(SMA Negeri 1 Leupueung) (Dinas Pendidikan Aceh) (SMA Negeri 2 Banda Aceh)
Editor Konten Mustafa, S.Ag Ahlul Fikri, S.PdI., M.Pd Muhammad Yani, S.PdI., M.Ag	(SMA Negeri 10 Fajar Harapan) (SMA Negeri 1 Kuta Baro) (SMA Negeri 1 Peukan Bada)
Reviewer Dr. Suhrawardi Ilyas, M.Si .	Dosen MIPA Fisika USK



DAFTAR ISI

Kata pengantar

TIM Penyusun

Daftar Isi

1. Karakteristik Ilmu Kimia	1
A. Tujuan Pembelajaran	1
B. Pengantar	2
C. Ayat Al-Quran	2
D. Tahukah Kamu	
E. Tadabbur	
- Masalah Konstekstual	
- Eksplorasi	
- Diskusi	
- Muhasabah	
F. Rangkuman	
G. Latihan	
H. Asesmen	

2. Partikel Penyusun Materi

A. Tujuan Pembelajaran

B. Pengantar

C. Ayat Al-Quran

D. Tahukah Kamu

E. Tadabbur

 - Masalah Konstekstual

 - Eksplorasi

 - Diskusi

 - Muhasabah

F. Rangkuman

G. Latihan

H. Asesmen

3. Reaksi Kimia dan Hukum Dasar Kimia	1
A. Tujuan Pembelajaran	1
B. Pengantar	2
C. Ayat Al-Quran	2
D. Tahukah Kamu	
E. Tadabbur	
- Masalah Konstekstual	
- Eksplorasi	
- Diskusi	
- Muhasabah	
F. Rangkuman	
G. Latihan	
H. Asesmen	
4. Konsep Mol dan Pereaksi Pembatas	
A. Tujuan Pembelajaran	
B. Pengantar	
C. Ayat Al-Quran	
D. Tahukah Kamu	
E. Tadabbur	
- Masalah Konstekstual	
- Eksplorasi	
- Diskusi	
- Muhasabah	
F. Rangkuman	
G. Latihan	
H. Asesmen	
5. Kimia dan Perubahan Iklim	
A. Tujuan Pembelajaran	
B. Pengantar	
C. Ayat Al-Quran	
D. Tahukah Kamu	
E. Tadabbur	
- Masalah Konstekstual	
- Eksplorasi	
- Diskusi	
- Muhasabah	
F. Rangkuman	
G. Latihan	
H. Asesmen	

CAPAIAN PEMBELAJARAN

IPA FASE E

Pada akhir Fase E, murid memiliki kemampuan sebagai berikut:

Elemen	Ruang Lingkup
Pemahaman IPA	Menerapkan prinsip klasifikasi dan strategi pelestarian keanekaragaman hayati; mendeskripsikan peranan virus, bakteri, dan jamur dalam kehidupan; menganalisis interaksi antar komponen ekosistem dan pengaruhnya terhadap keseimbangan ekosistem; menggunakan sistem pengukuran dalam kerja ilmiah; menganalisis gerak dua dimensi; menganalisis pemanfaatan energi alternatif untuk mengatasi permasalahan ketersediaan energi; menganalisis partikel penyusun materi dan menerapkan konsep stoikiometri dalam berbagai aspek kuantitatif reaksi kimia; dan menerapkan konsep IPA untuk mengatasi permasalahan berkaitan dengan perubahan iklim.
Keterampilan Proses	• Mengamati Melakukan pengamatan terhadap fenomena dan peristiwa di sekitarnya dan mencatat hasil pengamatannya dengan memperhatikan karakteristik objek yang diamati. • Mempertanyakan dan Memprediksi Mengidentifikasi pertanyaan yang dapat diselidiki secara ilmiah dan membuat prediksinya. • Merencanakan dan Melakukan Penyelidikan Merencanakan dan melakukan langkah-langkah operasional untuk menjawab pertanyaan. Murid menggunakan alat bantu pengukuran untuk mendapatkan data yang akurat dan memahami adanya potensi kekeliruan dalam penyelidikan.

Elemen	Ruang Lingkup
Keterampilan Proses	• Memproses, Menganalisis Data dan Informasi Mengolah data dalam bentuk tabel, grafik, dan model serta menjelaskan hasil pengamatan dan pola atau hubungan pada data. Murid mengumpulkan data dari penyelidikan yang dilakukannya, serta menggunakan pemahaman sains untuk mengidentifikasi hubungan dan menarik kesimpulan berdasarkan bukti. • Mengevaluasi dan Refleksi Mengidentifikasi sumber ketidakpastian dan kemungkinan penjelasan alternatif dalam rangka mengevaluasi kesimpulan, serta menjelaskan cara spesifik untuk meningkatkan kualitas data. • Mengomunikasikan hasil Mengomunikasikan hasil penyelidikan secara sistematis dan utuh yang ditunjang dengan argumen dan bahasa yang sesuai konteks penyelidikan.

PEMETAAN MATERI

ESENSIAL

Materi	Sub Materi
Partikel Penyusun Materi	• Partikel penyusun materi (atom, molekul dan ion), • Perkembangan model atom, • Partikel dasar atom (proton, neutron, elektron), nomor atom dan nomor massa, • Sistem periodik unsur, • Tata nama senyawa.
Stoikiometri	• Lambang unsur, • Rumus kimia (rumus empiris dan rumus molekul), • Reaksi kimia, • Hukum dasar kimia, • Konsep mol, • Penyetaraan persamaan reaksi • Pereaksi pembatas
Perubahan Iklim	• Penyebab, dampak dan solusi perubahan iklim

1

KARAKTERISTIK ILMU KIMIA



A. TUJUAN PEMBELAJARAN

Setelah mempelajari bab ini murid dapat:

1. Menganalisis hakikat dan karakteristik ilmu kimia dalam perspektif Al-Qur'an
2. Menjelaskan konsep ilmu kimia dalam kehidupan sehari-hari;

B. PENGANTAR

Kimia mempelajari materi, sifat-sifat materi, bagaimana dan mengapa zat bergabung atau terpisah untuk membentuk senyawa, serta energi yang menyertai perubahannya. Kontribusi mata pelajaran Kimia mencakup bagaimana pengetahuan yang dimiliki dapat mempengaruhi sikap yang dapat diterapkan untuk menjawab permasalahan-permasalahan dalam kehidupan sehari-hari baik lokal maupun global.

Al-Qur'an menjadi sumber inspirasi yang sangat besar untuk mempelajari ilmu kimia, karena dalam Al-Qur'an berisi petunjuk bagi manusia. Manusia beserta seluruh lingkungan hidupnya terbentuk dari elemen-elemen dan substansi-substansi yang bergabung melalui sebuah ikatan kimia menurut hukum Allah.

C. AYAT AL-QURAN

► Al-Quran Surat Yunus [10:31]

قُلْ مَنْ يَرْزُقُكُمْ مِنَ السَّمَاءِ وَالْأَرْضِ أَمَّنْ يَمْلِكُ السَّمْعَ وَالْأَبْصَارَ
وَمَنْ يُخْرِجُ الْحَيَّ مِنَ الْمَيِّتِ وَيُخْرِجُ الْمَيِّتَ مِنَ الْحَيِّ وَمَنْ يُدَبِّرُ
الْأَمْرَ فَسَيَقُولُونَ اللَّهُ فَقُلْ أَفَلَا تَتَّقُونَ

Artinya: "Katakanlah (Nabi Muhammad), "Siapakah yang menganugerahkan rezeki kepadamu dari langit dan bumi, siapakah yang kuasa (menciptakan) pendengaran dan penglihatan, siapakah yang mengeluarkan yang hidup dari yang mati dan mengeluarkan yang mati dari yang hidup, serta siapakah yang mengatur segala urusan?" Maka, mereka akan menjawab, "Allah." Maka, katakanlah, "Apakah kamu tidak takut (akan azab Allah)?"

► Al-Qur'an Surat Fathir [35:11]

وَاللَّهُ خَلَقَكُمْ مِنْ تُرَابٍ ثُمَّ مِنْ نُطْفَةٍ ثُمَّ جَعَلَكُمْ أَزْوَاجًا وَمَا تَحْمِلُ مِنْ أُنْثَى وَلَا تَضَعُ إِلَّا بِعِلْمِهِ وَمَا يُعَمَّرُ مِنْ مُعَمَّرٍ وَلَا يُنْقَصُ مِنْ عُمْرِهِ إِلَّا فِي كِتَابٍ إِنَّ ذَلِكَ عَلَى اللَّهِ يَسِيرٌ

Artinya: “Allah menciptakanmu dari tanah, dari air mani, kemudian Dia menjadikanmu berpasang-pasangan (laki-laki dan perempuan). Tidak ada seorang perempuan pun yang mengandung dan melahirkan, kecuali dengan sepengetahuan-Nya. Tidak dipanjangkan umur seseorang dan tidak pula dikurangi umurnya, kecuali (sudah ditetapkan) dalam Kitab (Lauh Mahfuz). Sesungguhnya yang demikian itu sangat mudah bagi Allah.”

► Al-Qur'an Surat Al-Baqarah [2]:164

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمُوتِ وَالْأَرْضِ وَاخْتِلَافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ وَالْفُلْكِ الَّتِي تَجْرِي فِي الْبَحْرِ بِمَا يَنْفَعُ النَّاسَ وَمَا أَنْزَلَ اللَّهُ مِنَ السَّمَاءِ مِنْ مَّاءٍ فَأَحْيَا بِهِ الْأَرْضَ بَعْدَ مَوْتِهَا وَبَثَّ فِيهَا مِنْ كُلِّ دَابَّةٍ وَتَصْرِيفِ الرِّيحِ وَالسَّحَابِ الْمُسَخَّرِ بَيْنَ السَّمَاءِ وَالْأَرْضِ لَآيَاتٍ لِقَوْمٍ يَعْقِلُونَ

Artinya: “Sesungguhnya pada penciptaan langit dan bumi, pergantian malam dan siang bahtera yang berlayar di laut dengan (muatan) yang bermanfaat bagi manusia, apa yang Allah turunkan dari langit berupa air, lalu dengannya Dia menghidupkan bumi setelah mati (kering), dan Dia menebarkan di dalamnya semua jenis hewan, dan pengisaran angin dan awan yang dikendalikan antara langit dan bumi, (semua itu) sungguh merupakan tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi kaum yang mengerti.”

► Al-Qur'an Surat Al-A'raf [7]:57

وَهُوَ الَّذِي يُرْسِلُ الرِّيحَ بُشْرًا بَيْنَ يَدَيْ رَحْمَتِهِ ۖ حَتَّىٰ إِذَا أَقْلَتِ سَحَابًا ثَقَالًا سَقَّنَهُ لِبَدًا مِّتَّ فَانزَلْنَا بِهِ الْمَاءَ فَأَخْرَجْنَا بِهِ مِنْ كُلِّ الثَّمَرَاتِ ۚ كَذَٰلِكَ نُخْرِجُ الْمَوْتَىٰ لَعَلَّكُمْ تَذَكَّرُونَ

Artinya: “Dialah yang mendatangkan angin sebagai kabar gembira yang mendahului kedatangan rahmat-Nya (hujan) sehingga apabila (angin itu) telah memikul awan yang berat, Kami halau ia ke suatu negeri yang mati (tandus), lalu Kami turunkan hujan di daerah itu. Kemudian Kami tumbuhkan dengan hujan itu berbagai macam buah-buahan. Seperti itulah Kami membangkitkan orang-orang mati agar kamu selalu ingat.”

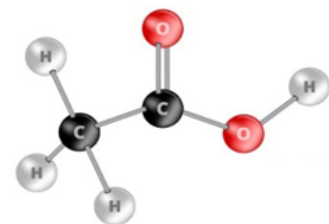
► Al-Qur'an Surat Al-Furqan [25]:53

وَهُوَ الَّذِي مَرَجَ الْبَحْرَيْنِ هَٰذَا عَذْبٌ فُرَاتٌ وَهَٰذَا مِلْحٌ أُجَاجٌ وَجَعَلَ بَيْنَهُمَا بَرْزَخًا وَحِجْرًا مَّحْجُورًا

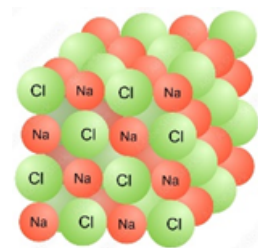
Artinya: “Dialah yang membiarkan dua laut mengalir (berdampingan); yang ini tawar serta segar dan yang lain sangat asin lagi pahit; dan Dia jadikan antara keduanya dinding dan batas yang tidak tembus.”

D. TAHUKAH KAMU

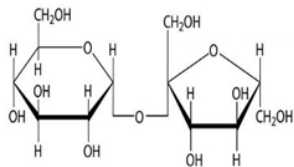
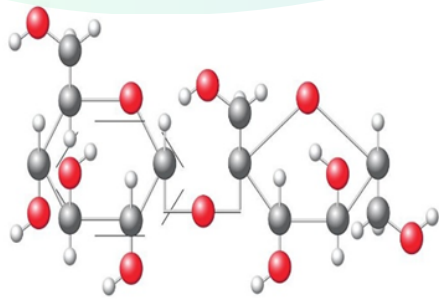
Kalian pasti pernah merasakan masamnya cuka, asinnya air laut dan manisnya air gula bukan? Meskipun secara fisik (makroskopik), ketiganya tampak bening tidak berwarna, tetapi secara mikroskopik terdapat perbedaan molekul penyusun dari ketiga zat tersebut. Masamnya cuka berasal ion H^+ yang dilepaskan dari molekul CH_3COOH (Gambar 1.1). Rasa asin pada Air laut selain berasal dari ion magnesium, kalsium, kalium, sulfat, dan bikarbonat, juga berasal dari komponen utama yang memberikan rasa asin, yaitu garam natrium klorida, $NaCl$ (Gambar 1.2).



Gambar 1.1 Struktur CH_3COOH



Gambar 1.2 Struktur $NaCl$



Gambar 1.3 Struktur $C_{12}H_{22}O_{11}$

Sedangkan rasa manis pada air gula, $C_{12}H_{22}O_{11}$ (Gambar 1.3) dihasilkan oleh ikatan atom hidrogen. Ketika gula menyentuh lidah, atom hidrogen berikatan dengan reseptor perasa yang ada di lidah, kemudian mengirimkan sinyal ke otak untuk diinterpretasikan sebagai rasa manis. Semakin dekat jarak ikatan antar atom hidrogen akan membuat makanan terasa manis, jika jarak ikatan atom hidrogen tersebut semakin jauh maka akan timbul rasa pahit. Molekul penyusun suatu zat menjadi pembawa sifat dan karakteristik bagi zat tersebut.

Pembelajaran ilmu kimia terdiri dari tiga tahapan utama yaitu **pengamatan (observasi)**, **penyajian (representasi)**, dan **penafsiran (interpretasi)**. Pengamatan berkaitan dengan proses pengukuran yang terjadi di tingkat makroskopis (mengamati dan mengukur hal-hal yang bisa dilihat langsung) seperti wujud zat (cuka berwujud cair; garam dan gula berwujud padat), titik didih, titik leleh/titik lebur, kelarutan, dan lain-lain. Penyajian mencakup pemanfaatan simbol-simbol serta persamaan dalam bentuk notasi ringkas untuk menyampaikan informasi, seperti cuka disimbolkan dengan CH_3COOH , garam disimbolkan dengan $NaCl$, dan Gula disimbolkan dengan $C_{12}H_{22}O_{11}$. Sedangkan penafsiran berlandaskan pada konsep atom dan molekul yang berada dalam ranah mikroskopis, seperti gambar 1.1, gambar 1.2, dan gambar 1.3. Inilah yang menjadi hakikat dan karakteristik ilmu kimia, meliputi susunan dan perbandingan unsur-unsur kimia dalam senyawa, struktur, sifat, perubahan sifat, dan energi yang menyertainya.

E. TADABBUR

Tahukah kamu apa kaitannya ayat-ayat Al-Quran di atas dengan hakikat dan karakteristik ilmu kimia?

Ilmu kimia mempelajari perubahan yang terjadi pada benda di tingkat atomik dan ikatan atomik. Al Baqarah ayat 164 mengisyaratkan tentang bumi yang mati, artinya permukaan bumi yang hanya terdiri dari batuan dan kering kerontang. Lalu diturunkan hujan. Air hujan mengalami reaksi kimia dengan batuan, seperti batu kapur sehingga terjadi perubahan senyawa pada batuan, yang akhirnya mengakibatkan hancurnya bebatuan menjadi senyawa-senyawa yang lebih sederhana dan ukuran yang lebih sederhana. Proses ini menghasilkan tanah dan tanah merupakan media tanam yang baik untuk tumbuhan. Jadi ayat tersebut di atas mengisyaratkan perubahan kimia pada batuan sehingga menjadi tanah yang subur.

Al-A'raf ayat 57 mengisyaratkan terjadinya suatu reaksi kimia di dalam tanah yang tandus setelah terjadinya hujan sehingga menghasilkan tanah yang subur. Tanah yang tandus menjadi subur setelah hujan karena proses pencucian unsur hara oleh air hujan yang terjadi. Hujan membawa air ke tanah, kemudian mengalir dan mencuci unsur hara yang terkandung dalam tanah. Proses ini menyebabkan perubahan molekul dan sifat yang terkandung di dalam tanah. Tanah menjadi lebih asam, yang dapat meningkatkan kesuburan tanah. Selain itu, hujan juga membantu mengembalikan keseimbangan pH tanah, yang penting untuk mendukung pertumbuhan tanaman. Tanah yang subur dapat menyerap zat hara dengan baik dan mendukung pertumbuhan tanaman secara optimal.

Al-Furqan ayat 53 “yang ini tawar serta segar dan yang lain sangat asin lagi pahit; dan Dia jadikan antara keduanya dinding dan batas yang tidak tembus” mengisyaratkan bahwa komposisi air laut berbeda dengan air tawar. Semakin besar konsentrasi garam maka semakin asin rasanya, bahkan menjadi pahit, sedangkan air tawar hanya sedikit mengandung mineral sehingga segar jika diminum. Semakin besar konsentrasi garam dalam air laut menyebabkan kepadatannya lebih besar dibandingkan air tawar, sehingga menciptakan lapisan “pycnocline” yang akan menghambat pencampuran air laut dan air tawar. Perbedaan padatan ini pula yang menyebabkan air laut cenderung tetap di bawah, sedangkan air tawar tetap di atas.

Ketiga ayat di atas memberi gambaran manfaat memahami ilmu kimia, mulai dari komposisi, struktur, sifat, serta energi yang menyertai suatu reaksi kimia. Dengan mempelajari ilmu kimia manusia dapat menemukan penyebab kenapa suatu tanah gersang atau tidak subur sedangkan tanah yang lain subur. Sehingga manusia dapat menemukan solusi untuk mengubah tanah gersang menjadi tanah subur. Manusia dapat mempelajari bagaimana mengubah air asin menjadi air tawar yang dapat diminum dan menyegarkan. Selain itu, dengan mempelajari ilmu kimia, manusia dapat menemukan substansi yang lebih unggul dan lebih bermanfaat lewat percampuran berbagai unsur. Bahkan kemungkinan menemukan sebuah bentuk kehidupan yang merupakan hasil interaksi kimiawi dari beberapa komponen yang beranekaragam. Ayat-ayat tersebut menggugah manusia agar melakukan penelitian lebih jauh dan lebih mendalam.

MASALAH KONTEKSTUAL

Amati gambar berikut!



Gambar 1.4 Rangka Besi tidak Berkarat



Gambar 1.5 Rangka Besi Berkarat

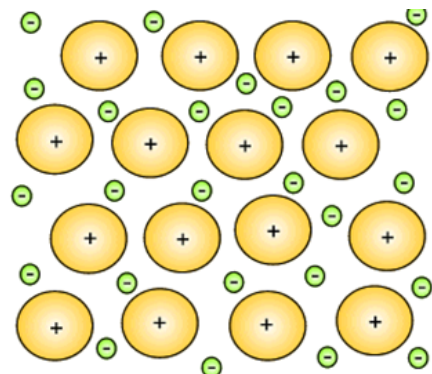
Tahukah kamu, beton tiang pondasi terdiri dari rangkaian logam-logam besi yang disusun sedemikian rupa sehingga mampu menopang beratnya suatu bangunan. Namun, jika rangka-rangka besi dibiarkan secara terbuka, maka lama-kelamaan pada permukaannya akan terbentuk karat. Bagaimana pengaruh rangka besi yang berkarat terhadap kekuatan bangunan? Apa tindakan yang dapat dilakukan untuk mencegah terbentuknya karat pada rangka besi tersebut?

Untuk bisa menjawab pertanyaan-pertanyaan tersebut, mari kita bereksplorasi.

EKSPLORASI

Logam

Kata “logam” berasal dari bahasa Yunani “matallon”, yang merujuk pada unsur kimia yang cenderung membentuk ion. Hal ini berkaitan dengan ikatan logam, di mana ion-ion logam tersusun dan dikelilingi oleh kumpulan elektron yang bergerak bebas disekeliling muatan positif logam sehingga menyerupai “lautan” elektron seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.6.



Gambar 1.6 Lautan Elektron

Secara umum, logam ditemukan di lapisan kerak bumi, baik dalam bentuk asli maupun sebagai campuran dengan unsur logam lainnya. Bijih logam bisa berupa logam murni seperti emas, perak, dan platina, atau bercampur dengan elemen lain seperti karbon, sulfur, fosfor, silikon, serta material alami seperti tanah dan pasir.

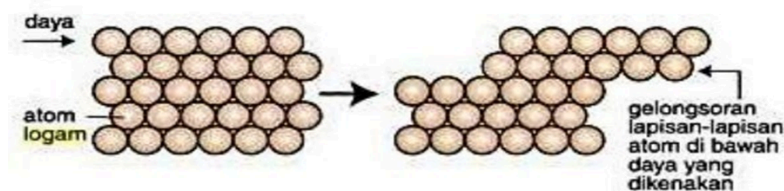
Sifat Logam

1. Kuat dan Keras

Kekerasan dan kekuatan logam bisa ditingkatkan dengan menggabungkan logam dengan logam lain, atau bahkan dengan material non-logam yang disebut sebagai Paduan (alloy). Sebagai contoh, paduan aluminium dan magnesium digunakan dalam konstruksi jembatan, bangunan, serta dalam pembuatan kendaraan bermotor.

2. Dapat di Tempa dan Dapat Diregangkan

Ketergantungan pada pergeseran lapisan atom terhadap lapisan atom lainnya terjadi dalam kristal logam. Semakin simetris susunan atom pada suatu logam, semakin, maka gaya tarik akan sama pada semua posisi sehingga tetap terikat satu sama lain. Hal ini yang menyebabkan mudah logam tersebut dapat ditempa menjadi berbagai bentuk dan dapat diregangkan.



Gambar 1.7. Ilustrasi molekul logam ketika diberi daya atau tekanan

3. Konduktor Listrik Yang Baik

Elektron valensi yang bergerak mempermudah pergerakan muatan negatif yang berasal dari luar untuk mendorong arus elektron. Fenomena ini menyebabkan aliran listrik melalui logam. Sifat ini merupakan dasar penggunaan logam sebagai kabel listrik.

4. Konduktivitas termal yang baik

Elektron dalam logam mengalami peningkatan energi kinetik, menyebabkan peningkatan kecepatan gerak mereka. Elektron yang bergerak dengan cepat saling transfer energi kepada elektron lainnya, sehingga logam tersebut menghasilkan panas.

5. Berkilau bila digosok atau terkena cahaya

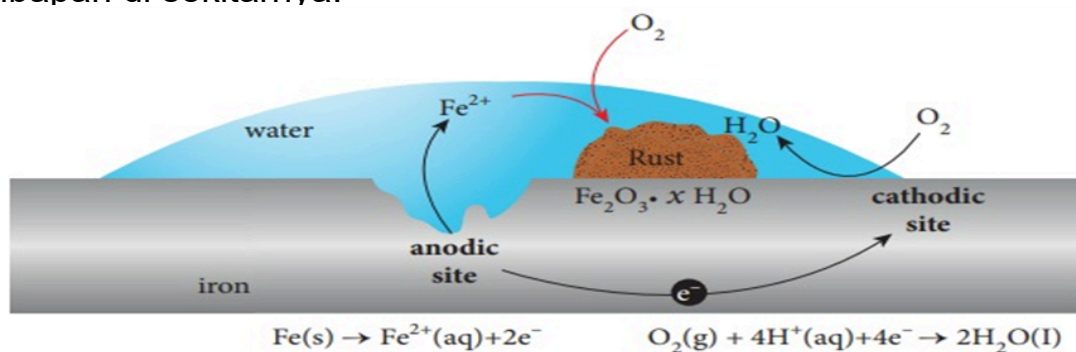
Kilau pada logam muncul karena permukaan logam mampu memantulkan seluruh cahaya, dan elektron-elektron bebas dalam logam naik ke tingkat energi yang lebih tinggi sebelum akhirnya melepaskan seluruh energi cahaya yang sebelumnya diserap, mengembalikannya ke keadaan semula.

Jika logam memiliki sifat yang kuat, lantas mengapa ada logam yang mengalami korosi (berkarat)?

Korosi adalah suatu reaksi kimia ketika logam mengalami kerusakan akibat oksidasi, biasanya membentuk oksida logam. Contohnya, ketika logam terkena udara: besi berkarat, perak menjadi kusam, dan tembaga atau kuningan membentuk lapisan kehijauan kebiruan yang disebut patina.

Dalam kondisi normal, oksidasi sebagian besar logam berlangsung secara spontan secara termodinamika, kecuali untuk emas dan platina. Namun, beberapa logam tahan terhadap korosi bukan karena tidak dapat bereaksi, melainkan karena proses korosinya berjalan sangat lambat, misalnya, aluminium yang digunakan dalam kaleng minuman atau pesawat dilindungi oleh lapisan tipis oksida logam yang terbentuk di permukaannya. Lapisan ini bertindak sebagai penghalang kuat yang mencegah kerusakan lebih lanjut.

Berbeda dengan logam-logam tersebut, besi yang mengalami korosi membentuk oksida terhidrasi berwarna coklat kemerahan ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$) yang dikenal sebagai karat. Lapisan karat ini tidak membentuk lapisan pelindung rapat, sehingga mudah mengelupas dan meninggalkan permukaan logam baru yang kembali bereaksi dengan oksigen dan air. Akibatnya, proses korosi terus berlanjut karena setiap kali karat mengelupas, bagian logam baru kembali bereaksi dengan udara dan kelembapan di sekitarnya.



Gambar 1.8. Proses perkaratan besi

Mengapa perlu khawatir tentang karat logam? karat bukan hanya membuat logam terlihat tidak menarik secara estetika, tetapi karat juga dapat merusak struktur logam itu sendiri. Logam yang sudah terkorosi akan kehilangan kekuatan dan ketahanannya terhadap tekanan dan beban. Oleh karena itu, menjaga logam agar tetap bebas karat sangat penting dalam menjaga keandalan dan keamanan suatu objek atau struktur.

Nonlogam

Nonlogam adakah jenis elemen kimia yang memiliki sifat penghantaran listrik dan panas yang jelek. Wujud zat nonlogam pada suhu kamar dapat berupa padatan, cair dan gas.



(a)



(b)



(c)

Gambar 1.9. Contoh unsur nonlogam berwujud padat, cair dan gas; (a) karbon, C, yang berwujud padat, (b) bromin, Br, yang berwujud cair, dan (c) gas oksigen, O_2 , hasil fotosintesis.

Elektron pada nonlogam berperilaku berbeda dari elektron pada logam. Dengan beberapa pengecualian, nonlogam tetap pada tempatnya, sehingga nonlogam biasanya menjadi konduktor panas dan listrik yang buruk serta rapuh saat berbentuk padat. Berikut beberapa sifat nonlogam:

1. Nonlogam memiliki sifat elektronegatif yaitu lebih mudah menarik elektron valensi dari atom lain dibanding melepaskannya.
2. Pada suhu kamar nonlogam dapat berwujud gas, cair, dan padat.
3. Nonlogam dapat membentuk ikatan ion dengan menarik elektron dari logam, atau ikatan kovalen dengan non logam lainnya serta oksida non logam bersifat asam.
4. Nonlogam memiliki warna yang tidak mengkilap dan tidak dapat ditempa seperti logam.
5. Nonlogam merupakan penghantar panas dan listrik yang buruk.

DISKUSI

- Tahap mengamati (observasi) dan menyajikan (representasi)

Amati gambar 1.4 dan 15 yang ditampilkan pada bagian Masalah Kontekstual.

Apa perbedaan yang dapat kamu lihat, catat perbedaan tersebut sebagai tahap observasi dalam pembelajaran ilmu kimia?

Sajikan hasil pengamatanmu ke dalam tabel berikut!

Pengamatan	Tiang Besi yang tidak Berkarat	Tiang Besi yang Berkarat
Wujud		
Warna		
Logam keras/lunak		

Apa yang menyebabkan tiang besi jika dibiarkan di tempat terbuka, maka lama-kelamaan akan berkarat?

- Tahap menafsirkan (interpretasi)

1. Tuliskan rumus molekul dari senyawa penyebab terjadinya perkaratan besi dan senyawa apa yang terbentuk pada perkaratan besi? Tuliskan persamaan reaksinya!
2. Jika kamu menemukan tiang besi berkarat di struktur bangunan, tindakan apa yang sebaiknya diambil dan mengapa?

MUHASABAH

Logam besi disebutkan dalam Surat Al-Kahfi ayat 96-97. Besi panas dituang dengan leburan tembaga sehingga menjadi tembok yang kokoh. Ayo telusuri ayat tersebut dan cari tahu sifat logam yang dihasilkan dari campuran besi dan tembaga. Temukan juga ayat-ayat lain di Al-Quran yang menyebutkan tentang unsur-unsur yang bersifat logam.

F. RANGKUMAN

Ilmu kimia berperan penting dalam memahami berbagai fenomena alam yang juga diisyaratkan dalam Al-Qur'an, seperti proses pelapukan batuan menjadi tanah subur (QS. Al-Baqarah:164), reaksi kimia yang menyuburkan tanah setelah hujan (QS. Al-A'raf:57), serta perbedaan komposisi antara air laut dan air tawar (QS. Al-Furqan:53). Pembelajaran ilmu kimia terdiri dari tiga tahapan utama, yaitu pengamatan (observasi), penyajian (representasi), dan penafsiran (interpretasi). Pengamatan berfokus pada hal-hal yang dapat dilihat langsung di tingkat makroskopis, seperti wujud zat, titik leleh, atau kelarutan. Dengan memahami ketiga tahapan ini, manusia dapat mengenali struktur, sifat, dan perubahan zat di alam, misalnya proses perkaratan besi atau perbedaan sifat logam dan nonlogam. Melalui pemahaman tersebut, ilmu kimia membantu manusia menjaga, memanfaatkan, dan mengembangkan sumber daya alam secara bijak sesuai dengan petunjuk Allah dalam Al-Qur'an.

G. LATIHAN

Untuk menguji pemahaman kamu tentang partikel penyusun materi, jawablah beberapa pertanyaan berikut.

1. Jelaskan dengan kata-katamu sendiri, apa yang dipelajari dalam ilmu kimia dan bagaimana penerapannya dapat membantu memecahkan masalah kehidupan sehari-hari!
2. Berdasarkan QS. Al-Baqarah [2:164], jelaskan proses kimia yang terjadi ketika hujan turun ke bumi dan mengubah tanah tandus menjadi subur!
3. Berdasarkan QS. Al-Furqan [25:53], mengapa air laut dan air tawar tidak bercampur meskipun berdampingan? Jelaskan dengan prinsip komposisi zat dan kepadatan!
4. Cuka (CH_3COOH), garam (NaCl), dan gula ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$) tampak sama-sama bening, tetapi rasanya berbeda. Jelaskan perbedaan rasa ketiganya dari sisi struktur molekul dan jenis ikatan kimia yang dimilikinya!
5. Sebutkan dan jelaskan tiga tahapan dalam pembelajaran kimia (observasi, representasi, dan interpretasi) serta berikan contoh nyata dari kegiatan sehari-hari yang sesuai dengan masing-masing tahap!
6. Berdasarkan gambar pada bagian masalah kontekstual, mengapa besi dapat berkarat ketika dibiarkan di udara lembap? Tuliskan reaksi kimia yang terjadi pada proses perkaratan besi tersebut!
7. Logam dan nonlogam memiliki sifat yang sangat berbeda. Sebutkan tiga perbedaan utama antara logam dan nonlogam berdasarkan sifat fisik dan kimianya!
8. Mengapa logam dapat menghantarkan listrik dan panas dengan baik, sedangkan nonlogam tidak? Jelaskan dengan mengaitkan pergerakan elektron di dalam logam dan nonlogam!
9. Hubungkan makna ayat QS. Fatir [35:11] dengan konsep unsur penyusun makhluk hidup dalam ilmu kimia. Apa makna yang dapat kamu ambil dari ayat tersebut terhadap keberadaan manusia dan unsur kimia pembentuknya?
10. Jelaskan bagaimana ilmu kimia dan Al-Qur'an saling melengkapi dalam menjelaskan fenomena alam, seperti pelapukan batuan, kesuburan tanah, dan perbedaan air laut dan air tawar.

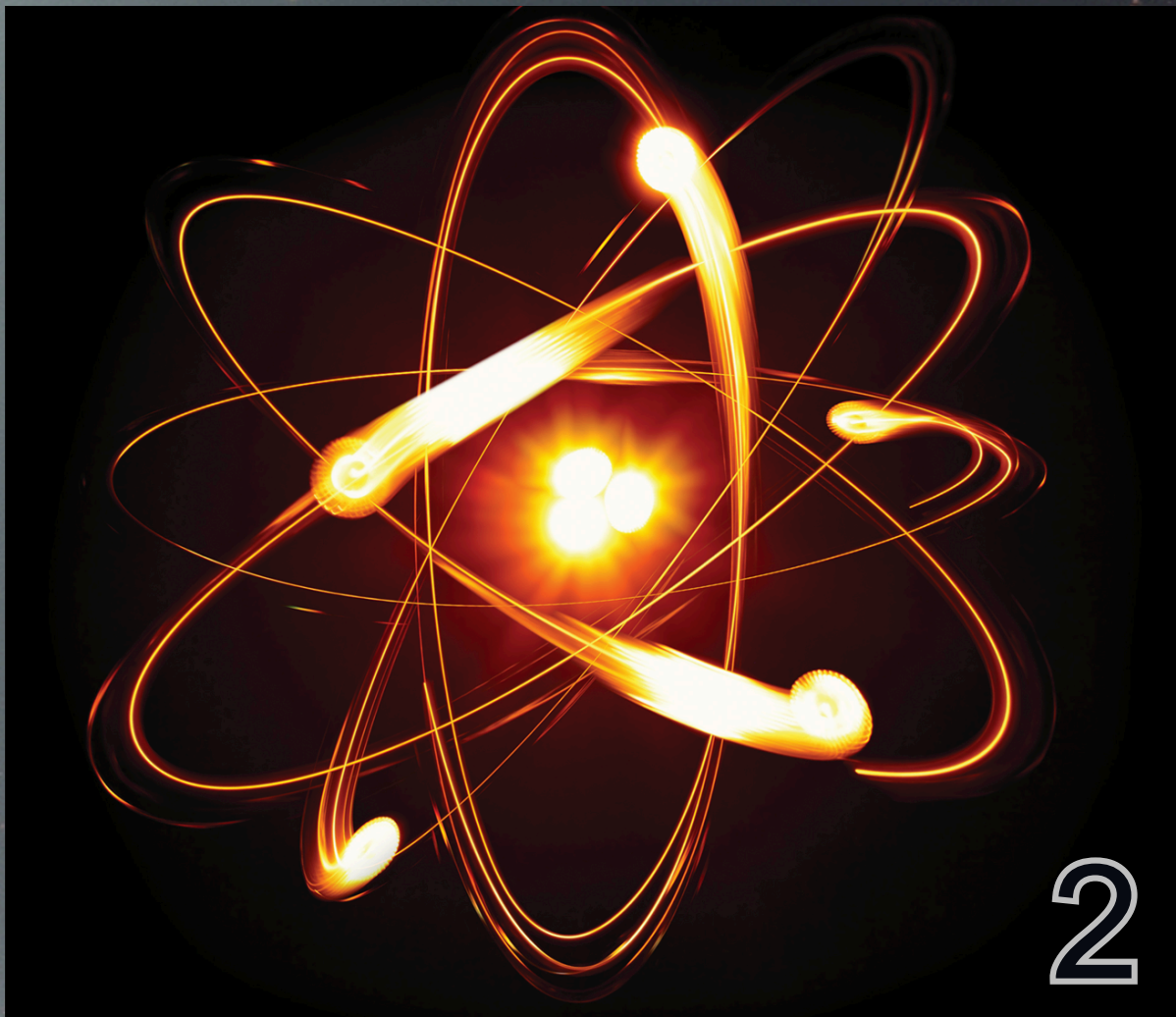
H. ASESMEN

Di beberapa daerah, air sumur warga mulai berbau tidak sedap dan berwarna kekuningan. Setelah diteliti, air tersebut mengandung senyawa amonium (NH_4^+) dan nitrat (NO_3^-) dari limbah rumah tangga dan pupuk kimia. Senyawa-senyawa ini dapat menyebabkan gangguan kesehatan jika dikonsumsi terus-menerus.

Dalam Al-Qur'an surat Al-Furqan [25]:48, Allah mengingatkan manusia untuk menjaga kebersihan air dan lingkungan:

“Dan Kami turunkan dari langit air yang suci.”

1. Jelaskan secara kimiawi mengapa air yang tercemar senyawa amonium dan nitrat dapat berbahaya bagi manusia!
2. Bagaimana reaksi kimia yang mungkin terjadi ketika air tercemar mengandung zat asam atau basa kuat?
3. Sebutkan upaya ilmiah dan sosial yang dapat dilakukan untuk mencegah pencemaran air di lingkungan sekitar!
4. Hubungkan fenomena ini dengan pesan moral dalam ayat Al-Qur'an di atas tentang pentingnya menjaga kesucian air!



PARTIKEL PENYUSUN MATERI

A. TUJUAN PEMBELAJARAN

Setelah mempelajari bab ini murid dapat:

1. Mengkaji partikel penyusun materi menurut perspektif Al-Qur'an.
2. Menganalisis partikel penyusun materi (atom, molekul dan ion);
3. Menjelaskan perkembangan model atom dan partikel dasar atom (proton, neutron, elektron);
4. Mengaitkan nomor atom dan nomor massa dengan jumlah partikel penyusun materi;
5. Menjelaskan fungsi sistem periodik unsur;
6. Menentukan nama suatu senyawa.

B. PENGANTAR

Pernahkan kalian memotong buah pepaya menjadi bagian yang sangat kecil sampai akhirnya tidak bisa dipotong lagi? Apakah potongan terkecil memiliki rasa yang sama dengan potongan besar? Ternyata potongan buah yang terlalu kecil memiliki rasa tawar tidak semanis potongan buah yang besar, tetapi masih mempertahankan sifat (tekstur dan aroma) yang masih sama. Analogi potongan buah menjadi bagian terkecil ini mirip dengan konsep atom, yaitu bagian terkecil dari suatu unsur yang masih memiliki sifat unsur tersebut.

Bisakah seseorang terus memotong suatu materi untuk membuat potongan yang semakin kecil? Atau apakah ada batas, semacam potongan materi terkecil yang mutlak? Eksperimen pemikiran seperti ini dan kesimpulan yang didasarkan padanya telah diperdebatkan sejak abad kelima SM. Manusia terus mencari tahu dan mengeksplorasi bagian terkecil dari suatu materi. Semua benda di sekitar kita, baik yang terlihat padat seperti batu maupun yang berbentuk gas seperti udara, sebenarnya tersusun dari partikel-partikel sangat kecil yang disebut atom, baik atom netral maupun bermuatan (ion) dan molekul. Susunan dan gerak partikel-partikel inilah yang menentukan wujud, sifat, dan perubahan suatu materi.

C. AYAT AL-QURAN

► Al-Quran Surat Yunus [10:61]

وَمَا تَكُونُ فِي شَأْنٍ وَمَا تَتْلُوا مِنْهُ مِنْ قُرْآنٍ وَلَا تَعْمَلُونَ مِنْ عَمَلٍ إِلَّا
كُنَّا عَلَيْكُمْ شُهُودًا إِذْ تُفِيضُونَ فِيهِ وَمَا يَعْزُبُ عَنْ رَبِّكَ مِنْ مِثْقَالٍ
ذَرَّةٍ فِي الْأَرْضِ وَلَا فِي السَّمَاءِ وَلَا أَصْغَرَ مِنْ ذَلِكَ وَلَا أَكْبَرَ إِلَّا فِي
كِتَابٍ مُبِينٍ

Artinya: “Engkau (Nabi Muhammad) tidak berada dalam suatu urusan, tidak membaca suatu ayat Al-Qur’an, dan tidak pula mengerjakan suatu pekerjaan, kecuali Kami menjadi saksi atasmu ketika kamu melakukannya. Tidak ada yang luput sedikit pun dari (pengetahuan) Tuhanmu, walaupun seberat zarah, baik di bumi maupun di langit. Tidak ada sesuatu yang lebih kecil dan yang lebih besar daripada itu, kecuali semua tercatat dalam kitab yang nyata (Lauh Mahfuz)”.

► Al-Quran Surat Yasin [36:40]

لَا الشَّمْسُ يَنْبَغِي لَهَا أَنْ تُدْرِكَ الْقَمَرَ وَلَا اللَّيْلُ سَابِقُ النَّهَارِ وَكُلٌّ فِي فَلَكٍ يَسْبَحُونَ

Artinya: “Tidaklah mungkin bagi matahari mengejar bulan dan malam pun tidak dapat mendahului siang. Masing-masing beredar pada garis edarnya.”

► Al-Quran Surat Az-Zariat [51:49]

وَمِنْ كُلِّ شَيْءٍ خَلَقْنَا زَوْجَيْنِ لَعَلَّكُمْ تَذَكَّرُونَ

Artinya: “Dan segala sesuatu Kami ciptakan berpasang-pasangan agar kamu mengingat (kebesaran Allah).”

► Al-Quran Surat An-Nur [24:35]

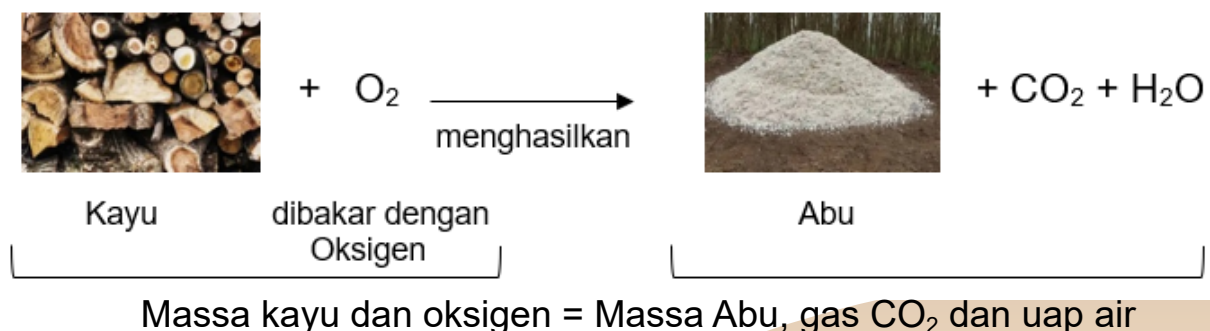
اللَّهُ نُورُ السَّمُوتِ وَالْأَرْضِ مِثْلُ نُورِهِ كَمِشْكُوهٍ فِيهَا مِصْبَاحٌ الْمِصْبَاحُ فِي زُجَاجَةٍ الزُّجَاجَةُ كَأَنَّهَا كَوْكَبٌ دُرِّيٌّ يُوقَدُ مِنْ شَجَرَةٍ مُبْرَكَةٍ زَيْتُونَةٍ لَا شَرْقِيَّةٍ وَلَا غَرْبِيَّةٍ يَكَادُ زَيْتُهَا يُضِيءُ وَلَوْ لَمْ تَمْسَسْهُ نَارٌ نُورٌ عَلَى نُورٍ يَهْدِي اللَّهُ لِنُورِهِ مَنْ يَشَاءُ وَيَضْرِبُ اللَّهُ الْأَمْثَالَ لِلنَّاسِ وَاللَّهُ بِكُلِّ شَيْءٍ عَلِيمٌ

Artinya: “Allah (pemberi) cahaya (pada) langit dan bumi. Perumpamaan cahaya-Nya seperti sebuah lubang (pada dinding) yang tidak tembus yang di dalamnya ada pelita besar. Pelita itu di dalam tabung kaca (dan) tabung kaca itu bagaikan bintang (yang berkilauan seperti) mutiara, yang dinyalakan dengan minyak dari pohon yang diberkahi, (yaitu) pohon zaitun yang tumbuh tidak di timur dan tidak pula di barat, yang minyaknya (saja) hampir-hampir menerangi walaupun tidak disentuh api. Cahaya di atas cahaya (berlapis-lapis). Allah memberi petunjuk menuju cahaya-Nya kepada orang yang Dia kehendaki. Allah membuat perumpamaan-perumpamaan bagi manusia. Allah Maha Mengetahui segala sesuatu.”

D. TAHUKAH KAMU

Keberadaan atom di alam merupakan dasar dari seluruh materi yang ada di alam semesta. Semua benda, baik yang hidup seperti manusia, tumbuhan dan hewan, maupun yang tidak hidup seperti batu dan air, tersusun dari atom. Atom adalah partikel terkecil yang masih memiliki sifat dari suatu unsur. Segala sesuatu di alam, udara yang kita hirup, air yang kita minum, tanah, batu, tumbuhan, hewan, hingga tubuh manusia, semuanya tersusun atas atom-atom. Misalnya, air terdiri dari atom hidrogen (H) dan oksigen (O) yang bergabung membentuk molekul H_2O ; udara mengandung atom-atom dari nitrogen (N) dan oksigen (O); dan tubuh manusia tersusun dari atom karbon, oksigen, hidrogen, nitrogen, dan mineral lainnya.

Dalam reaksi kimia, atom tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan, tetapi hanya mengalami penggabungan, pemisahan, atau penataan ulang. Prinsip ini menunjukkan bahwa jumlah atom di alam tetap konstan, hanya bentuk dan susunannya yang berubah. Contohnya, saat kayu dibakar, atom karbon dan oksigen bergabung membentuk gas karbon dioksida (CO_2), tetapi jumlah total atom tetap sama.



Atom-atom terbentuk melalui proses yang panjang sejak awal terbentuknya alam semesta. Setelah peristiwa Big Bang, atom-atom ringan seperti hidrogen dan helium mulai terbentuk. Atom-atom unsur yang lebih berat seperti karbon, oksigen, besi, dan lainnya terbentuk kemudian di dalam inti bintang melalui proses reaksi fusi nuklir. Ketika bintang meledak (supernova), atom-atom tersebut tersebar ke seluruh ruang angkasa dan menjadi bagian dari planet, batuan, dan makhluk hidup, termasuk bumi dan manusia.

Keberadaan atom di alam ini adalah fondasi dari semua bentuk materi. Atom menjadi bukti nyata bahwa alam semesta tersusun dengan aturan dan keseimbangan yang sangat teratur, yang menunjukkan kebesaran Sang Pencipta. Memahami atom berarti memahami hakikat fisik alam, sekaligus menyadari keagungan Allah dalam setiap ciptaan-Nya.

E. TADABBUR

Tahukah kamu, apa kaitannya ayat-ayat Al-Quran di atas dengan partikel penyusunan materi?

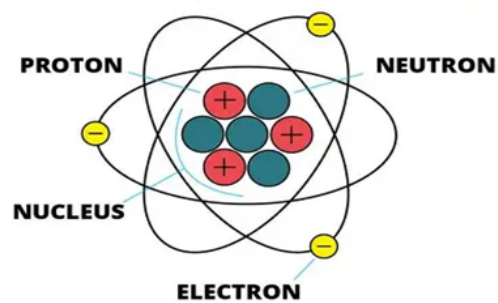
Ungkapan zarrah pada surat Yunus ayat 61 adalah untuk menggambarkan sesuatu yang sangat kecil yang dipahami manusia. Beberapa ulama tafsir berpendapat bahwa zarrah mempunyai makna sebagai kepala semut merah, butiran tanah, semut yang sangat kecil, titik debu, dan lain-lain. Dalam ilmu kimia, benda yang sangat kecil dan tidak dapat dilihat secara langsung disebut dengan atom. Ayat ini menunjukkan bahwa setiap partikel terkecil, termasuk atom, berada dalam pengetahuan dan kendali Allah. Hal ini menegaskan bahwa atom bukan hanya bagian dari ciptaan fisik, tetapi juga bukti kebesaran dan keteraturan ciptaan Allah.

Zarrah yang diberi nama atom oleh filosof Yunani, tidak sesuai lagi dengan ilmu pengetahuan saat ini, sebab atom terdiri dari partikel penyusun neutron, proton, elektron dan sebagainya. Atom terdiri dari sejumlah massa proton dan neutron yang terpusat sebagai inti atom dan satelit atau pengiringnya berupa elektron-elektron yang beredar pada garis edarnya berupa lintasan yang disebut orbit atau kulit atom. Ahli-ahli mengatakan perjalanan zarrah yang sangat halus itu dengan inti dan satelitnya, persis sama dengan matahari sebagai inti bima sakti dengan bintang-bintang, planet-planet, dan satelitnya. Oleh karena itu kata zarrah lebih sesuai dipakai dari pada kata atom, dan zarrah yang sangat halus itupun tidak luput dari pengetahuan Allah dan tidaklah tersembunyi baik di bumi dan tidak pula di langit. Hasil penyelidikan manusia terhadap zarrah telah mendekati maksud ayat ini, yaitu bahwa seluruh wilayah alam ini, bumi dan langit, segala benda (materi) yang ada adalah kumpulan, pertemuan dan perpaduan dari pada zarrah-zarrah.

Surat Yasin ayat 40 dan surat Yunus ayat 5 tentang peredaran benda-benda langit erat kaitannya dengan konfigurasi elektron dan pergerakan partikel atom. Pergerakan partikel atom merupakan miniatur dari pergerakan galaksi. Elektron yang berpasangan (Surat As-Zariat ayat 49) terus berputar mengelilingi inti atom karena muatan listriknya. Muatan positif (+) dari inti atom menarik elektron kepadanya. Karena alasan ini, elektron tidak meninggalkan inti, meskipun ada gaya sentrifugal (yang menarik elektron menjauhi inti) yang terjadi akibat kecepatan elektron.



(a)



(b)

Gambar 2.1. (a) Susunan planet mengelilingi matahari;
(b) Model atom dengan elektron yang mengelilingi inti atom

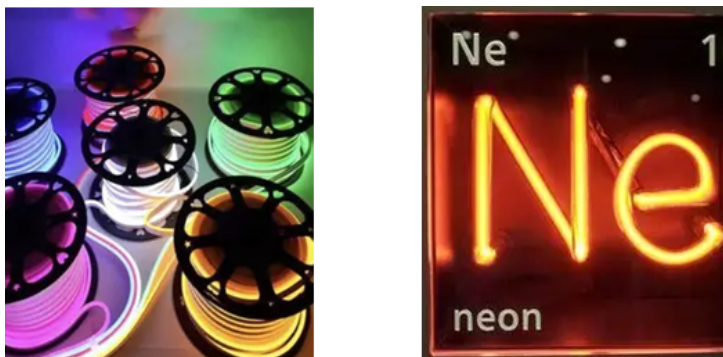
Surat An-Nur ayat 35, menyebutkan bahwa Allah adalah pemberi cahaya bagi langit dan bumi. Kata Annur berarti cahaya, yaitu sesuatu yang membuat benda-benda dapat terlihat karena pantulan cahaya yang diterima mata manusia. Sehingga, manusia dapat menikmati berbagai warna dari benda-benda yang ada di langit maupun di bumi. Warna yang ditangkap oleh mata manusia berkaitan dengan perpindahan elektron suatu atom, ini akan kita bahas pada sub bab 2.6.

MASALAH KONTEKSTUAL

KASUS 1.

Ketika Gas Bercahaya: Ilmu di Balik Lampu Neon

Ketika kamu berjalan di kota pada malam hari, kamu mungkin melihat banyak papan reklame dan lampu hias dengan warna berbeda seperti merah, hijau, biru, dan kuning. Lampu-lampu ini disebut lampu neon.



Gambar 2.2 Lampu Neon

Menariknya, setiap warna lampu berasal dari gas berbeda yang diisi di dalam tabung kaca, misalnya Neon menghasilkan cahaya merah jingga, Argon menghasilkan biru muda, Helium memancarkan kuning keemasan, dan Krypton memberikan putih kebiruan.

Dapatkan kamu jelaskan, mengapa gas yang berbeda menghasilkan warna cahaya yang berbeda ketika dialiri listrik?

KASUS 2.

Garam, Laut, dan Listrik: Cerita di Balik NaCl

Pernahkah kamu bertanya-tanya mengapa air laut terasa asin? Rasa asin itu berasal dari berbagai ion terlarut, terutama ion natrium (Na^+) dan ion klorida (Cl^-) yang bersama-sama membentuk natrium klorida (NaCl), garam dapur, yang sering kita gunakan untuk menambah rasa pada makanan dan sebagai bahan pengawet.

Namun, tahukah kamu bagaimana sebenarnya garam ini terbentuk?

Jika unsur natrium (Na) yang memiliki nomor atom 11 bereaksi dengan klorin (Cl) yang memiliki nomor atom 17, bagaimana rumus senyawa yang terbentuk antara ion Na^+ dan Cl^- berdasarkan aturan tata nama? Berapakah jumlah proton, neutron dan elektron dari unsur Na dan Cl? Prediksikan sifat listrik larutan NaCl dalam air, dan jelaskan hubungannya dengan struktur ioniknya.

Agar dapat menjawab kasus diatas, mari kita bereksplorasi dan pahami konsep tentang partikel penyusun materi.

EKSPLORASI

a. Partikel Penyusun Materi

Semua benda di alam semesta, baik padat, cair, maupun gas, tersusun atas partikel-partikel kecil yang disebut atom, molekul, dan ion. Partikel-partikel inilah yang menjadi penyusun dasar materi dan menentukan sifat fisik serta kimia suatu zat.

Atom adalah partikel terkecil dari suatu unsur yang masih memiliki sifat unsur tersebut. Atom tersusun dari inti atom terdiri dari proton (bermuatan positif) dan neutron (tidak bermuatan) serta elektron (bermuatan negatif) yang bergerak mengelilingi inti dalam lintasan atau kulit energi, contohnya atom hidrogen (H) hanya memiliki satu proton dan satu elektron, sedangkan atom oksigen (O) memiliki delapan proton, delapan neutron, dan delapan elektron.

Molekul adalah gabungan dari dua atau lebih atom yang saling berikatan secara kimia. Molekul dapat tersusun dari atom sejenis, misalnya O_2 (terdiri dari dua atom oksigen) atau H_2 (terdiri dari dua atom hidrogen). Molekul juga dapat tersusun dari atom berbeda, misalnya H_2O (terdiri dari dua atom hidrogen dan satu atom oksigen), atau CO_2 (terdiri dari satu atom karbon dan dua atom oksigen). Molekul adalah bentuk terkecil dari suatu senyawa yang masih memiliki sifat zat tersebut.

Ion adalah atom atau gugus atom yang bermuatan listrik karena kehilangan atau menerima elektron. Ion terdiri dari ion bermuatan positif (kation) contohnya Na^+ (ion natrium) atau Ca^{2+} (ion kalsium) dan ion yang bermuatan negatif (anion) contohnya I^- (ion klorida) atau O^{2-} (ion oksida). Ion-ion dapat berikatan membentuk senyawa ionik, seperti $Na^+ + Cl^- \rightarrow NaCl$ (garam dapur).

b. Perkembangan Model Atom

Pada abad ke-5 SM, filsuf Yunani, Democritus mengemukakan bahwa seluruh materi tersusun atas partikel-partikel sangat kecil yang tidak dapat dibagi lagi, yang disebut atomos, artinya “tidak dapat dipotong” atau “tidak terbagi”. Meskipun gagasan ini tidak mendapat dukungan luas pada masanya, terutama dari Plato dan Aristoteles, konsep tersebut tetap bertahan hingga berabad-abad kemudian.



Gambar 2.3 Jabir Bin Hayyan

Jabir Bin Hayyan dikenal sebagai Bapak Kimia Modern.

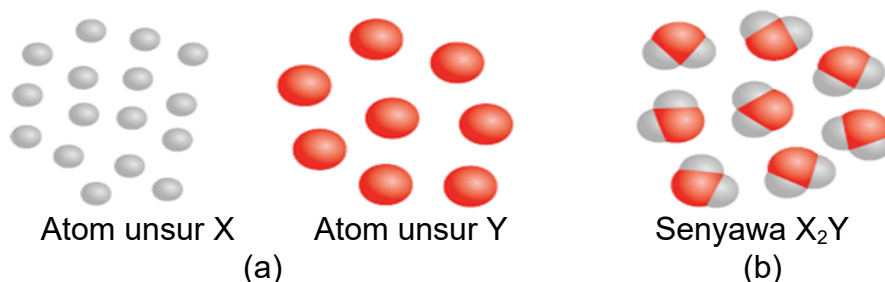
Pada abad 7 M, ia memperkenalkan konsep "materi," "molekul," dan "atom" serta "partikel-partikel atom". Ia juga mengemukakan teori tentang unsur dan senyawa.. Ia mengembangkan teori atom berdasarkan penelitiannya terhadap Al-Qur'an dan eksperimennya terhadap besi, yang terinspirasi dari Surah Al-Hadid.

Teori Atom Dalton

Pada tahun 1808, ilmuwan sekaligus guru asal Inggris John Dalton merumuskan penjelasan yang lebih sistematis tentang partikel dasar materi yang disebut atom, yang menjadi tonggak awal lahirnya kimia modern.

Menurut teori atom Dalton, hipotesis tentang sifat materi dapat dirangkum sebagai berikut:

- Unsur-unsur tersusun dari partikel yang sangat kecil yang disebut atom.
- Semua atom dari unsur tertentu adalah identik, memiliki ukuran, massa, dan sifat kimia yang sama. Atom dari satu unsur berbeda dari atom semua unsur lainnya.
- Senyawa tersusun dari atom lebih dari satu unsur. Untuk senyawa tertentu, atom yang ada selalu dalam rasio yang sama.
- Reaksi kimia hanya melibatkan pemisahan, penggabungan, atau penataan ulang atom; tidak menghasilkan penciptaan atau penghancuran atom (hukum kekekalan massa).



Gambar 2.4 (a) Atom dari unsur yang sama adalah identik, tetapi atom dari satu unsur berbeda dengan atom dari unsur lainnya; (b) Senyawa terbentuk dari atom unsur X dan Y dengan perbandingan atom unsur X dengan atom unsur Y adalah 2:1.

Menurut teori atom Dalton, atom dapat didefinisikan sebagai satuan paling dasar dari suatu unsur yang dapat bergabung melalui reaksi kimia. Dalton menggambarkan atom sebagai partikel yang sangat kecil dan tidak dapat dibagi lagi. Namun, hasil berbagai penelitian yang dimulai sejak tahun 1850-an hingga awal abad ke-20 membuktikan bahwa atom ternyata memiliki struktur internal yang kompleks. Atom tersusun atas partikel-partikel yang lebih kecil, yang disebut partikel subatom, dan penelitian tersebut akhirnya mengungkap keberadaan tiga komponen utama atom, yaitu elektron, proton, dan neutron. Beberapa kelebihan dan kelemahan teori atom Dalton dapat dilihat pada Tabel 2.1.

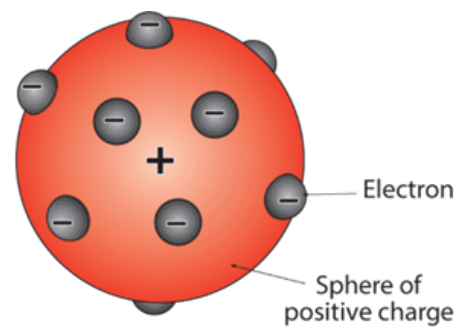
Tabel 2.1 Kelebihan dan Kelemahan Teori Atom Dalton

Kelebihan	Kelemahan
• Menerangkan atom unsur penyusun dalam suatu senyawa tertentu selalu digabungkan dalam perbandingan massa yang sama (hukum perbandingan tetap). • Menerangkan dua unsur dapat bergabung membentuk lebih dari satu jenis senyawa, massa dari satu unsur yang bergabung dengan massa tetap dari unsur lain berada dalam perbandingan bilangan bulat kecil (hukum perbandingan berganda).	• Tidak dapat menerangkan sifat listrik atom. • Pada kenyataannya atom dapat dibagi lagi menjadi partikel yang lebih kecil yang disebut partikel subatomik.

Teori Atom Thomson

Pada tahun 1897, fisikawan asal Inggris J. J. Thomson (1856–1940) membuktikan bahwa atom bukanlah bentuk materi yang paling dasar. Ia menunjukkan bahwa sinar katoda dapat dibelokkan oleh medan listrik atau magnet, yang menandakan bahwa sinar tersebut tersusun atas partikel bermuatan listrik. Lebih jauh lagi, dengan meneliti besarnya pembelokan sinar katoda dalam medan listrik dan magnet dengan kekuatan yang bervariasi, Thomson berhasil menentukan rasio antara massa dan muatan dari partikel-partikel tersebut. Partikel-partikel ini dipancarkan dari katoda bermuatan negatif dan tertolak oleh terminal negatif medan listrik, yang menunjukkan bahwa partikel tersebut memiliki muatan negatif.

Dari hasil penemuannya, Thomson menyimpulkan bahwa partikel itu adalah elektron. Penemuan penting lainnya adalah bahwa rasio massa terhadap muatan elektron tidak bergantung pada jenis logam elektroda atau gas yang digunakan, yang berarti elektron merupakan bagian dasar yang menyusun semua atom, tanpa memandang jenis unsurnya.



Gambar 2.5 Model Atom Thomson

Thomson menjelaskan bahwa atom merupakan kumpulan muatan positif yang di dalamnya menyebar elektron yang bermuatan negatif. Jumlah muatan positif sama dengan muatan negatif, sehingga atom bersifat netral. Beberapa kelebihan dan kelemahan dari model atom Thomson, dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Kelebihan dan Kelemahan Model Atom Thomson

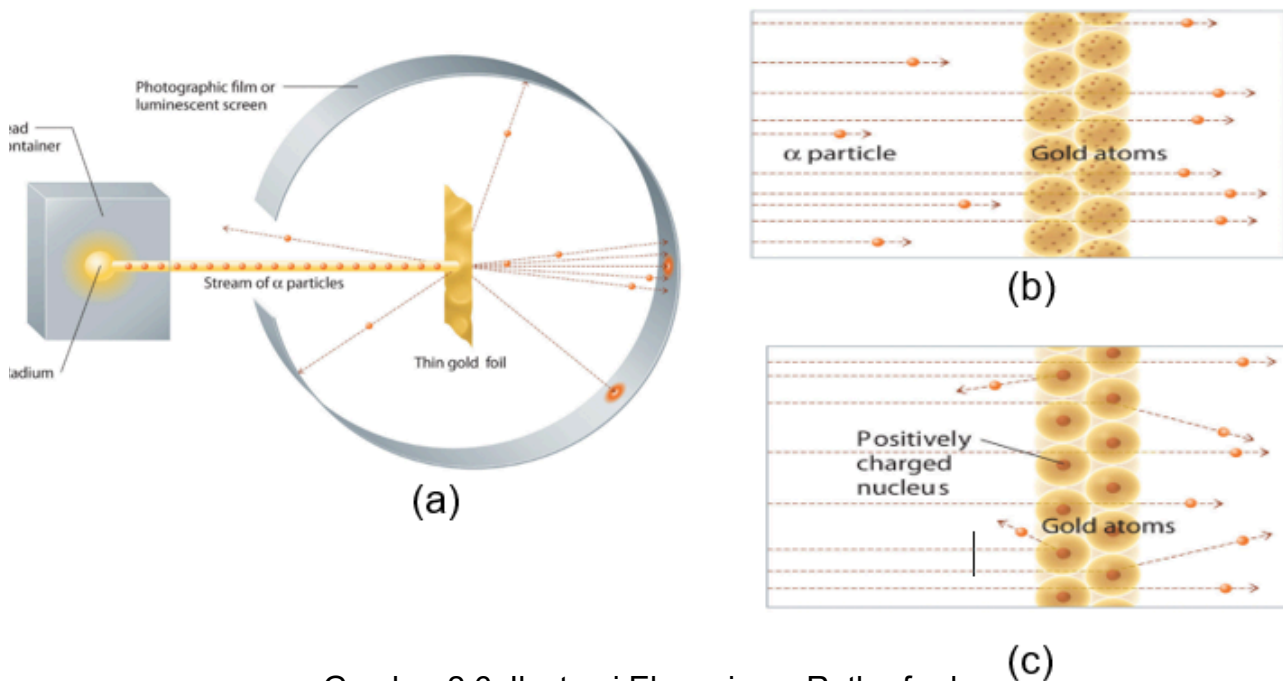
Kelebihan	Kelemahan
• Menerangkan adanya partikel yang lebih kecil dari atom yang di sebut partikel subatomik. • Menerangkan sifat listrik atom.	Tidak dapat menerangkan fenomena penghamburan partikel alfa oleh selaput tipis emas yang di kemukakan oleh Rutherford

Teori Atom Rutherford

Dalam eksperimennya, Ernest Rutherford berhasil membuktikan bahwa model atom Thomson tidaklah benar. Ia melakukan percobaan dengan menembakkan partikel alfa (α) ke arah lembaran emas yang sangat tipis (lihat Gambar 2.6.a), kemudian mengamati pola penyebaran partikel alfa setelah melewati lembaran tersebut. Emas dipilih sebagai sasaran karena logam ini dapat ditempa menjadi lapisan yang sangat tipis, sehingga jumlah atom yang menjadi target partikel α menjadi sangat sedikit.

Menurut model atom Thomson, partikel alfa bermuatan positif seharusnya dapat menembus atom emas dengan mudah, karena muatan positif dan negatif dalam atom dianggap tersebar merata, layaknya bola meriam yang menembus dinding kayu. Partikel-partikel tersebut mungkin hanya sedikit melambat, tetapi tetap melintasi lembaran hampir tanpa penyimpangan (lihat Gambar 2.6.b).

Namun, hasil eksperimen menunjukkan hal yang mengejutkan, sebagian kecil partikel alfa justru dibelokkan pada sudut besar, dan bahkan beberapa terpantul kembali ke arah sumbernya (lihat Gambar 2.6.c). Temuan ini menjadi bukti kuat bahwa muatan positif dalam atom terkonsentrasi pada satu titik kecil, bukan tersebar merata seperti yang diasumsikan Thomson.

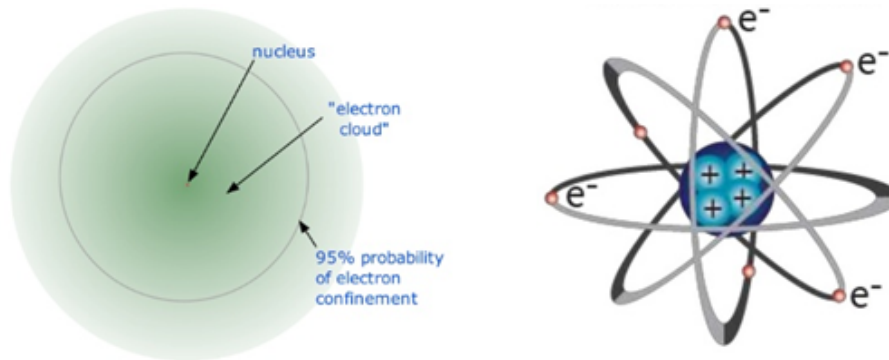


Gambar 2.6. Ilustrasi Eksperimen Rutherford.

Berdasarkan fenomena percobaan tersebut, Rutherford mengusulkan suatu model atom yang dikenal dengan model atom nuklir bahwa:

- Hampir seluruh massa sebuah atom terpusat dalam inti yang sangat kecil (karena itu sangat padat) yang membawa muatan listrik positif (nilainya mengidentifikasi setiap unsur dan dikenal sebagai nomor atom);
- Hampir seluruh volume sebuah atom terdiri dari ruang kosong di mana elektron, pembawa muatan listrik negatif berada;

- Massa elektron yang sangat kecil ($1/1840$ dari massa inti hidrogen) menyebabkan elektron berperilaku sebagai partikel kuantum, yang berarti lokasinya pada setiap saat tidak dapat ditentukan, tetapi dapat dilakukan dengan menggambarkan perilakunya dalam bentuk probabilitas kemunculannya di titik manapun di ruang.



Gambar 2.7 Model Atom Rutherford

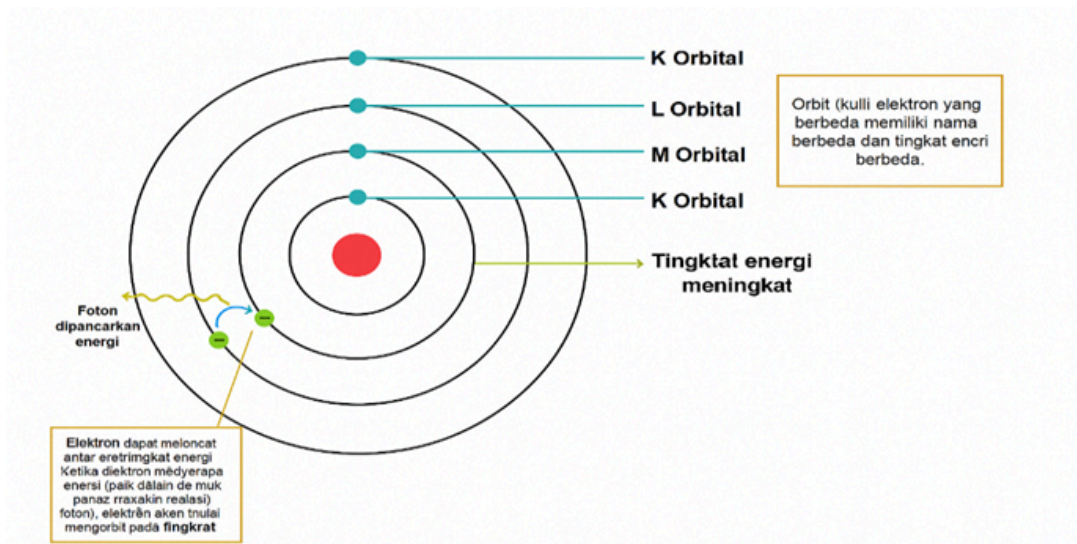
Akan tetapi, teori atom Rutherford juga memiliki kelemahan. Beberapa kelebihan dan kelemahan dari model atom nuklir Rutherford, dapat dilihat pada tabel 2.3.

Tabel 2.3 Kelebihan dan Kelemahan Teori Atom Nuklir Rutherford

Kelebihan	Kelemahan
• Menerangkan fenomena penghamburan partikel alfa oleh selaput tipis emas. • Mengemukakan keberadaan inti atom yang bermuatan positif dan merupakan pusat massa atom.	• Bertentangan dengan teori elektron dinamika klasik (suatu partikel bermuatan listrik apabila bergerak akan memancarkan energi). • Elektron bermuatan negatif yang beredar mengelilingi inti akan kehilangan energi terus-menerus sehingga akhirnya akan membentuk lintasan spiral dan jatuh ke inti. Pada kenyataannya hal ini tidak terjadi, elektron tetap stabil pada lintasannya.

Teori Atom Niels Bohr

Pada tahun 1913, seorang fisikawan Denmark, Niels Bohr (1885–1962; Nobel Fisika, 1922), mengusulkan sebuah model teoretis untuk atom hidrogen dengan menjelaskan spektrum emisinya. Teori atom Bohr didasari dari model atom nuklir Rutherford dan teori kuantum Planck.



Gambar 2.8 Model Atom Niels Bohr

Model atom Bohr berdasarkan teorinya sebagai berikut:

- Elektron beredar mengelilingi inti pada lintasan-lintasan (orbit) tertentu.
- Elektron yang beredar pada lintasannya tidak memancarkan energi, lintasan elektron ini disebut lintasan stasioner.
- Apabila elektron dengan tingkat energi rendah pindah ke lintasan dengan tingkat energi lebih tinggi maka elektron akan menyerap energi, peristiwa ini disebut eksitasi. Sebaliknya, apabila elektron pindah dari lintasan dengan tingkat energi lebih tinggi ke lintasan dengan tingkat energi lebih rendah maka elektron akan memancarkan energi, peristiwa ini disebut deeksitasi. Baik eksitasi maupun deeksitasi disebut peristiwa transisi elektron.
- Energi yang dipancarkan/diserap ketika terjadi transisi elektron terekam sebagai spektrum atom.

Pernahkah kamu memperhatikan bagaimana matahari, bulan, dan benda-benda langit bergerak dengan teratur di orbitnya masing-masing? Coba kaji Surat Yasin ayat 40 dan temukan bagaimana hubungannya dengan teori atom Bohr?

Tabel 2.3 Kelebihan dan Kelemahan Teori Atom Nuklir Rutherford

Kelebihan	Kelemahan
• Menjawab kelemahan dalam model atom Rutherford dengan mengaplikasikan teori kuantum. • Menerangkan dengan jelas garis spektrum pancaran (emisi) atau serapan (absorpsi) dari atom hidrogen.	• Terjadi penyimpangan untuk atom yang lebih besar dari hidrogen. • Tidak dapat menerangkan efek Zeeman, yaitu spektrum atom yang lebih rumit apabila atom ditempatkan pada medan

Teori Atom Mekanika Kuantum

Model mekanika kuantum muncul setelah ilmuwan menyadari bahwa model Bohr tidak dapat menjelaskan semua fenomena yang terjadi pada atom. Model Bohr menyatakan bahwa elektron bergerak mengelilingi inti pada lintasan tertentu dengan energi tertentu. Meskipun model ini berhasil menjelaskan spektrum atom hidrogen, ternyata ia tidak mampu menjelaskan perilaku atom yang lebih besar dan kompleks.

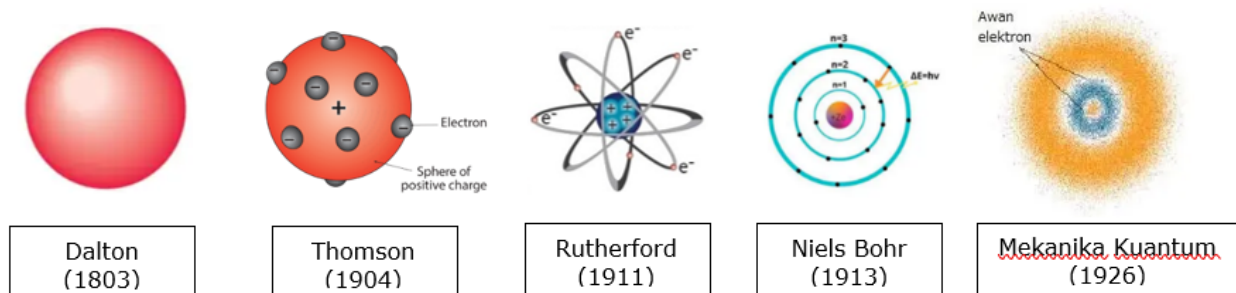
Pada tahun 1924, Louis de Broglie mengemukakan gagasan bahwa partikel kecil seperti elektron dapat bertindak seperti gelombang. Gagasan ini disebut dualisme gelombang-partikel. Artinya, elektron bisa berperilaku seperti partikel sekaligus seperti gelombang. Beberapa tahun kemudian, Werner Heisenberg memperkenalkan Prinsip Ketidakpastian. Ia menyatakan bahwa kita tidak mungkin mengetahui posisi dan kecepatan elektron secara bersamaan dengan akurat. Semakin pasti kita mengetahui posisi elektron, semakin tidak pasti kita mengetahui kecepatannya, dan sebaliknya. Kemudian, pada tahun 1926, Erwin Schrödinger membuat persamaan gelombang Schrödinger. Persamaan ini digunakan untuk menghitung kemungkinan posisi elektron di sekitar inti atom, sehingga muncul konsep awan elektron (*electron cloud*), yaitu daerah di sekitar inti tempat kemungkinan terbesar ditemukannya elektron.

Beberapa hal penting yang membedakan model mekanika kuantum dari model sebelumnya adalah:

- Posisi elektron tidak pasti, hanya bisa diketahui peluang keberadaannya.
- Elektron tidak bergerak pada lintasan tetap, melainkan berada di dalam orbital.
- Energi elektron dikuantisasi, artinya hanya dapat memiliki nilai tertentu.
- Perilaku elektron dijelaskan dengan persamaan Schrödinger dan prinsip ketidakpastian Heisenberg.

Model atom mekanika kuantum adalah model paling akurat dan modern hingga saat ini. Model ini mampu menjelaskan spektrum atom semua unsur, bukan hanya hidrogen, sifat-sifat kimia unsur berdasarkan konfigurasi elektron dan terbentuknya ikatan kimia antara atom-atom.

Konsep teori atom mekanika kuantum akan dibahas lebih lanjut di kelas XI.



Gambar 2.9 Evolusi Teori Atom

Gambar 2.9 menunjukkan bagaimana model atom telah berevolusi dari unit tak terbagi yang dikemukakan oleh Dalton hingga pandangan modern yang diajarkan saat ini.

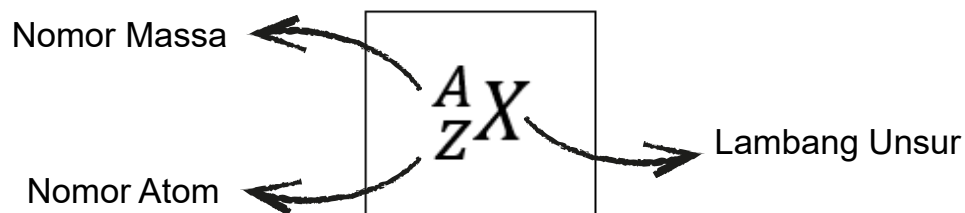
Bagaimana posisi partikel elementer (proton, neutron, dan elektron) dalam sebuah atom. Ada partikel subatomik lain, tetapi elektron, proton, dan neutron adalah tiga komponen fundamental atom yang penting dalam kimia. Tabel 2.4 menunjukkan massa dan muatan dari ketiga partikel elementer ini.

Tabel 2.4 Massa dan Muatan Partikel Elementer

Partikel	Massa (g)	<u>Muatan</u>	
		Coulomb	<u>Muatan Relatif</u>
<u>Elektron</u>	$9,109 \times 10^{-28}$	$-1,602 \times 10^{-19}$	-1
Neutron	$1,675 \times 10^{-24}$	0	0
Proton	$1,673 \times 10^{-24}$	$+1,602 \times 10^{-19}$	+1

c. Nomor Atom dan Nomor Massa

Elektron hanya terdapat di luar inti atom dan memiliki massa yang sangat kecil, sekitar 1/2000 dari massa proton maupun neutron, sehingga dianggap dapat diabaikan. Karena atom bersifat netral, jumlah proton selalu sama dengan jumlah elektron. Jumlah proton dalam inti disebut nomor atom (Z), yang sekaligus menentukan identitas dan sifat kimia suatu unsur. Sementara itu, nomor massa (A) merupakan hasil penjumlahan antara jumlah proton dan neutron. Neutron sendiri tidak memengaruhi sifat kimia unsur, tetapi berperan dalam menentukan kestabilan inti atom. Perbedaan jumlah proton dan elektron menghasilkan unsur yang berbeda, yang masing-masing memiliki karakteristik kimia tersendiri. Cara penulisan notasi atom yang diterima secara ilmiah untuk menunjukkan nomor atom (Z) dan nomor massa (A) dari suatu atom unsur (X) adalah sebagai berikut.



• Atom Netral

Unsur Besi (Fe) memiliki nomor atom 26 dan nomor massa 56, maka notasi atom unsur Fe dapat ditulis sebagai berikut: $^{56}_{26}\text{Fe}$

$$\begin{aligned}\text{Jumlah proton (p)} &= Z = 26 \\ \text{Jumlah elektron (e)} &= p = 26 \text{ (karena atom netral)} \\ \text{Jumlah neutron (n)} &= A - p \\ &= 56 - 26 = 30\end{aligned}$$

Terdapat penafsiran yang mengaitkan unsur besi ($Z = 26$; $A = 56$) dengan Al-Qur'an surat ke 57, Al-Hadid. Besi terdiri dari empat isotop stabil di alam, yaitu Fe-56 (91,75%), Fe-54 (5,84%), Fe-57 (2,12%), dan Fe-58 (0,28%). Fe-57 sering digunakan untuk ilmu mineral dan fisika nuklir. Sedangkan Kata "hadid" (besi) diklaim disebut 26 kali, sama dengan nomor atom besi. Selain itu, jumlah kata "Allah" dari awal Surat Al-Hadid hingga ayat 25 juga disebut 26 kali, menunjukkan keselarasan simbolik antara struktur atom besi dan Al-Qur'an.

- **Atom Bermuatan Positif (Kation)**

Kation adalah ion positif yang terbentuk karena atom melepaskan elektron. Akibat kehilangan elektron, jumlah proton menjadi lebih banyak daripada elektron.

Contoh:

Unsur Natrium (Na) memiliki nomor atom 11 dan nomor massa 23 melepaskan 1 elektronnya membentuk ion Na^+ , maka notasi ion Na^+ dapat ditulis sebagai berikut: ${}_{11}^{23}\text{Na}^+$

$$\text{Jumlah proton (p)} = Z = 11$$

$$\text{Jumlah elektron (e)} = p - \text{muatan}$$

$$= 11 - 1 = 10 \text{ (karena atom bermuatan +)}$$

$$\text{Jumlah neutron (n)} = A - p$$

$$= 23 - 11 = 12$$

- **Atom Bermuatan Negatif (Anion)**

Anion adalah ion negatif yang terbentuk karena atom menerima elektron. Akibat menerima elektron, jumlah elektron menjadi lebih banyak daripada proton.

Contoh:

Unsur Oksigen (O) memiliki nomor atom 8 dan nomor massa 16 menangkap 2 elektron membentuk ion O^{2-} , maka notasi ion O^{2-} dapat ditulis sebagai berikut: ${}_{8}^{16}\text{O}^{2-}$

$$\text{Jumlah proton (p)} = Z = 8$$

$$\text{Jumlah elektron (e)} = p + \text{muatan}$$

$$= 8 + 2 = 10 \text{ (karena atom bermuatan -)}$$

$$\text{Jumlah neutron (n)} = A - p$$

$$= 16 - 8 = 8$$

d. Sistem Periodik Unsur

The image shows a standard periodic table of elements, color-coded by groups. A legend on the right side identifies the following categories:

- Nonlogam (Nonmetals): Light green
- Logam alkali (Alkali metals): Orange
- Logam alkali tanah (Alkaline earth metals): Yellow
- Gas mulia (Noble gases): Light blue
- Metaloid (Metalloids): Teal
- Halogen (Halogens): Cyan
- Logam transisi (Transition metals): Reddish-brown
- Logam post-transisi (Post-transition metals): Grey-blue
- Lantanoid (Lanthanoids): Light orange
- Aktinoid (Actinoids): Light purple

The main table includes elements from Hydrogen (1) to Oganesson (118). The Lanthanoid and Actinoid series are shown separately at the bottom. A note below the main table states: "Untuk unsur dengan isotop tidak stabil, nomor massa dari isotop dengan waktu-paruh terpanjang berada di dalam tanda kurung." (For elements with unstable isotopes, the mass number of the isotope with the longest half-life is in parentheses.)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1 H					1 H 1.00794												2 He
3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
55 Cs	56 Ba	57-71 La-Lu	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
87 Fr	88 Ra	89-103 Ac-Lr	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Nh	114 Fl	115 Mc	116 Lv	117 Ts	118 Og

57
La

58
Ce

59
Pr

60
Nd

61
Pm

62
Sm

63
Eu

64
Gd

65
Tb

66
Dy

67
Ho

68
Er

69
Tm

70
Yb

71
Lu

89
Ac

90
Th

91
Pa

92
U

93
Np

94
Pu

95
Am

96
Cm

97
Bk

98
Cf

99
Es

100
Fm

101
Md

102
No

103
Lr

Untuk unsur dengan isotop tidak stabil, nomor massa dari isotop dengan waktu-paruh terpanjang berada di dalam tanda kurung.

Gambar 2.10 Tabel Periodik Unsur

Tabel periodik unsur disusun berdasarkan kenaikan nomor atom dan kemiripan sifat yang terdiri dari jalur vertikal yang disebut golongan dan jalur horizontal yang disebut periode. Tabel periodik unsur berfungsi sebagai representasi sistematis yang mengorganisasikan unsur-unsur berdasarkan kemiripan dan keteraturan sifat fisika maupun kimianya. Melalui pengelompokan ini, tabel periodik tidak hanya memudahkan pemahaman terhadap hubungan antarunsur, tetapi juga memungkinkan ilmuwan untuk memprediksi perilaku kimia dan reaktivitas unsur yang belum dikaji secara langsung.

e. Tata Nama Senyawa

Pada masa awal perkembangan ilmu kimia, ketika jumlah senyawa yang diketahui masih sangat terbatas, para ilmuwan dapat mengingat nama-nama senyawa secara langsung. Sebagian besar nama tersebut diambil dari ciri fisik, sifat khas, sumber, maupun kegunaannya, seperti *milk of magnesia* (susu magnesia), *laughing gas* (gas tertawa), *limestone* (batu kapur), *kaustik soda* (soda api), *lye*, *washing soda*, dan *baking soda*.

Namun, seiring dengan kemajuan ilmu pengetahuan, kini telah dikenal lebih dari 66 juta senyawa kimia dengan struktur dan sifat yang beragam. Menghafal semua nama senyawa tersebut secara manual tentu tidak mungkin dilakukan. Oleh karena itu, para ahli kimia yang tergabung dalam *International Union of Pure and Applied Chemistry* (IUPAC) mengembangkan sistem tata nama kimia (nomenklatur IUPAC) yang bersifat baku dan diakui secara internasional. Sistem ini berfungsi untuk menstandarkan penamaan senyawa kimia agar setiap zat memiliki nama yang unik, logis, dan dapat menggambarkan komposisi serta strukturnya. Dengan adanya aturan IUPAC, komunikasi ilmiah antarpeneliti di seluruh dunia menjadi lebih jelas, efisien, dan bebas dari kesalahpahaman dalam mengidentifikasi serta mengklasifikasikan berbagai jenis zat kimia.

Pemahaman terhadap aturan nomenklatur ini sangat penting karena akan mempermudah proses belajar dan penelitian kimia. Sebelum membahas lebih jauh tentang tata nama senyawa kimia, perlu dibedakan terlebih dahulu antara senyawa organik dan senyawa anorganik.

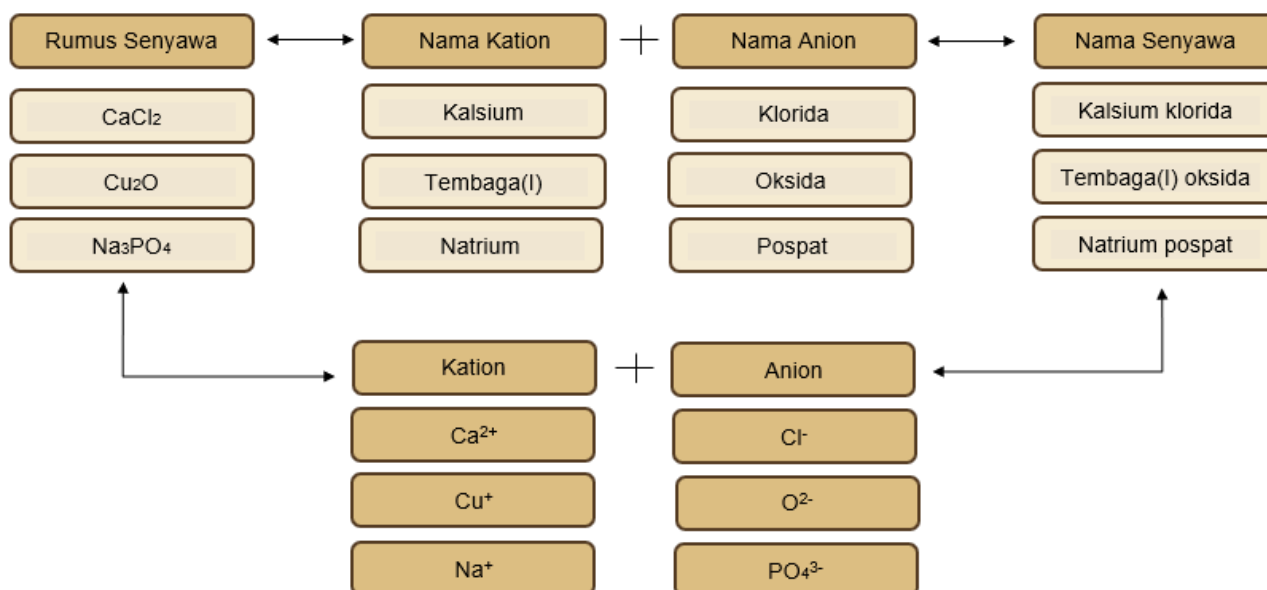
Senyawa organik adalah senyawa yang mengandung unsur karbon (C), biasanya berikatan dengan unsur lain seperti hidrogen (H), oksigen (O), nitrogen (N), atau belerang (S). Sementara itu, senyawa yang tidak termasuk kategori tersebut diklasifikasikan sebagai senyawa anorganik. Meski demikian, terdapat beberapa senyawa yang mengandung karbon tetapi tetap dianggap anorganik, seperti karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO₂), karbon disulfida (CS₂), senyawa sianida (CN⁻), serta senyawa karbonat (CO₃²⁻) dan bikarbonat (HCO₃⁻).

Untuk mempermudah pemahaman mengenai tata nama senyawa anorganik, senyawa-senyawa tersebut dapat dibagi menjadi empat kategori utama, yaitu:

1. Senyawa ionik,
2. Senyawa molekuler,
3. Asam dan basa,
4. Hidrat.

SENYAWA IONIK

Senyawa ionik terbentuk melalui ikatan antara ion positif (kation) dan ion negatif (anion), yang biasanya melibatkan unsur logam dan nonlogam. Prosedur penamaan senyawa ionik dijelaskan secara sistematis dalam Gambar 2.11 dan mengikuti tahapan-tahapan tertentu yang dirancang untuk memastikan konsistensi dan kejelasan dalam penamaan setiap senyawa.



Gambar 2.11 Tata Nama Senyawa Ionik

Tabel 2.5 Nama Beberapa Kation dan Anion

Kation		Anion	
Rumus	Nama	Rumus	Nama
Li ⁺	Litium	F ⁻	Fluorida
Na ⁺	Natrium	Cl ⁻	Klorida
K ⁺	Kalium	Br ⁻	Bromida
Be ²⁺	Berilium	I ⁻	Iodida
Mg ²⁺	Magnesium	O ²⁻	Oksida
Ca ²⁺	Kalsium	OH ⁻	Hidroksida
Sr ²⁺	Stronsium	CN ⁻	Sianida
Ba ²⁺	Barium	CNS ⁻	Tiosianat
Al ³⁺	Aluminium	CH ₃ COO ⁻	Asetat
Fe ²⁺	Besi(II)	CO ₃ ²⁻	Karbonat
Fe ³⁺	Besi(III)	NO ₂ ⁻	Nitrit
Cu ⁺	Tembaga(I)	NO ₃ ⁻	Nitrat
Cu ²⁺	Tembaga(II)	SO ₃ ²⁻	Sulfit

Kation		Anion	
Rumus	Nama	Rumus	Nama
Hg ⁺	Raksa(I)	SO ₄ ²⁻	Sulfat
Hg ²⁺	Raksa(II)	PO ₃ ³⁻	Pospit
Ag ⁺	Perak(I)	PO ₄ ³⁻	Pospat
Zn ²⁺	Zink(II)	ClO ⁻	Hipoklorat
Ni ²⁺	Nikel(II)	ClO ₂ ⁻	Klorit
Co ²⁺	Kobalt(II)	ClO ₃ ⁻	Klorat
Cr ³⁺	Kromium(III)	ClO ₄ ⁻	Perklorat
NH ₄ ⁺	Ammonium	MnO ₄ ⁻	Permanganat

SENYAWA MOLEKULER

Senyawa molekuler biasanya tersusun atas dua atau lebih unsur nonlogam yang terikat secara kovalen. Senyawa ini sering ditemukan dalam bentuk gas, cairan, atau padatan lunak pada suhu kamar. Penamaan senyawa molekuler menggunakan awalan Yunani untuk menunjukkan jumlah atom dari masing-masing unsur, seperti mono- (1), di- (2), tri- (3), tetra- (4), penta- (5), dan seterusnya. Unsur pertama tetap menggunakan nama aslinya, sedangkan unsur kedua diakhiri dengan akhiran “-ida”.

Contohnya:

- CO → karbon monoksida
- CO₂ → karbon dioksida
- SO₃ → belerang trioksida

SENYAWA ASAM & BASA

Asam adalah senyawa yang menghasilkan ion hidrogen (H⁺) ketika dilarutkan dalam air, sedangkan basa menghasilkan ion hidroksida (OH⁻). Penamaan asam bergantung pada jenis anion yang dikandungnya:

- Jika anion berakhiran -ida, maka nama asam diawali dengan asam dan diakhiri dengan -ida.

Contoh: HCl → asam klorida (dari ion Cl⁻).

- Jika anion berakhiran -at atau -it, nama asam menjadi asam dan diakhiri dengan -at atau -it.

Contoh: H₂SO₄ → asam sulfat, H₂SO₃ → asam sulfat.

Sementara itu, basa dinamai dengan menyebutkan nama kation logam diikuti kata hidroksida, seperti:

- $\text{NaOH} \rightarrow$ natrium hidroksida
- $\text{Ca(OH)}_2 \rightarrow$ kalsium hidroksida

SENYAWA HIDRAT

Hidrat adalah senyawa yang mengandung molekul air yang terikat secara tetap dalam struktur kristalnya. Air ini disebut air kristal (water of crystallization). Jumlah molekul air dalam tiap senyawa ditunjukkan dengan awalan Yunani yang sama seperti pada senyawa molekuler.

Contohnya:

- $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} \rightarrow$ tembaga(II) sulfat pentahidrat
- $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O} \rightarrow$ natrium karbonat dekahidrat

Ketika senyawa hidrat dipanaskan dan kehilangan molekul air, senyawa yang tersisa disebut anhidrat.

DISKUSI

Setelah membaca dan memahami eksplorasi konsep, selanjutnya temukan solusi untuk menjawab 2 kasus pada bagian Masalah Kontekstual.

Kasus 1 (Ketika Gas Bercahaya: Ilmu di Balik Lampu Neon).

1. Jelaskan mengapa gas yang berbeda menghasilkan warna cahaya yang berbeda ketika dialiri listrik.
2. Jelaskan bagaimana hubungan teori atom Bohr dengan proses munculnya cahaya pada lampu neon.
3. Teori atom Bohr kemudian disempurnakan oleh model mekanika kuantum. Apa perbedaan utama antara kedua teori tersebut dalam menjelaskan perilaku elektron?
4. Menurut kamu, apa manfaat penerapan konsep ini dalam kehidupan sehari-hari atau teknologi modern selain pada lampu neon?

Kasus 2 (Garam, Laut, dan Listrik: Cerita di Balik NaCl).

1. Unsur Natrium (Na, $Z=11$, $A=23$) bereaksi dengan Klorin (Cl, $Z=17$, $A=35,5$). Jelaskan bagaimana rumus senyawa yang terbentuk antara ion Na^+ dan Cl^- berdasarkan aturan tata nama?
2. Berapakah jumlah proton, neutron dan elektron dari unsur Natrium dan Klorin?
3. Prediksikan sifat listrik larutan NaCl dalam air, dan jelaskan hubungannya dengan struktur ioniknya.
4. Adakah ion-ion lain yang dapat bergabung dan memiliki sifat serupa dengan garam dapur?

MUHASABAH

Tuliskan pemahamanmu tentang partikel penyusun materi. Jelaskan hal-hal yang sudah kamu pahami, tantangan apa yang kamu hadapi selama proses belajar, serta bagaimana pengetahuan tersebut dapat kamu terapkan dalam kehidupan sehari-hari. Tuliskan juga ayat-ayat Al-Quran lain yang berhubungan dengan partikel penyusun materi

F. RANGKUMAN

Seluruh materi di alam semesta tersusun atas partikel kecil yang disebut atom, satuan terkecil dari suatu unsur yang masih memiliki sifat unsur tersebut. Dalam Al-Qur'an, konsep partikel kecil telah disinggung dalam Surah Yunus ayat 61 dan beberapa di beberapa ayat lain yang menyebutkan tentang zarrah, partikel sangat kecil yang menggambarkan kebesaran ciptaan Allah. Pemikiran tentang struktur materi juga dikembangkan oleh ilmuwan Muslim seperti Jabir ibn Hayyan, yang dikenal sebagai Bapak Kimia Modern karena gagasannya mengenai partikel penyusun materi.

Atom merupakan unit terkecil yang masih memiliki sifat unsur, terdiri atas proton dan neutron di inti serta elektron yang bergerak mengelilinginya. Molekul terbentuk dari gabungan dua atau lebih atom yang berikatan kimia, sedangkan ion adalah atom atau gugus atom bermuatan listrik akibat kehilangan atau menerima elektron. Pemahaman tentang struktur atom berkembang dari teori Democritus, Dalton, Thomson, Rutherford, Bohr, hingga mekanika kuantum yang menjelaskan elektron berada dalam orbital dengan tingkat energi tertentu. Nomor atom menunjukkan jumlah proton, sedangkan nomor massa merupakan jumlah proton dan neutron, keduanya menjadi dasar pengelompokan unsur dalam sistem periodik.

Sistem Periodik Unsur disusun berdasarkan kenaikan nomor atom dan kemiripan sifat kimia, sehingga memudahkan dalam memprediksi perilaku unsur dan senyawanya. Dalam kimia modern, tata nama senyawa (nomenklatur) berfungsi memberi identitas unik bagi setiap zat. Senyawa dibagi menjadi organik (mengandung karbon) dan anorganik (tidak mengandung karbon), dengan anorganik meliputi senyawa ionik, molekuler, asam-basa, dan hidrat. Contohnya, NaCl dinamai natrium klorida, CO₂ disebut karbon dioksida, dan CuSO₄·5H₂O disebut tembaga(II) sulfat pentahidrat. Pemahaman terhadap struktur atom, sistem periodik, dan tata nama senyawa tidak hanya penting untuk ilmu pengetahuan, tetapi juga mencerminkan keteraturan dan kebesaran Tuhan dalam menciptakan alam yang serasi dan teratur.

G. LATIHAN

Untuk menguji pemahaman kamu tentang partikel penyusun materi, jawablah beberapa pertanyaan berikut.

1. Jelaskan perbedaan antara atom, molekul, dan ion, serta berikan masing-masing satu contoh dari kehidupan sehari-hari.
2. Mengapa hasil eksperimen Rutherford menolak model atom Thomson? Jelaskan berdasarkan arah hamburan partikel alfa.
3. Menurut teori atom Bohr, bagaimana terjadinya cahaya berwarna pada lampu neon atau kembang api?

4. Tuliskan perbedaan antara nomor atom (Z) dan nomor massa (A) serta berikan contoh perhitungannya untuk unsur magnesium (Mg).
5. Air laut terasa asin karena mengandung ion Na^+ dan Cl^- . Jelaskan bagaimana ion-ion tersebut dapat terbentuk dari unsur natrium dan klorin.
6. Berdasarkan hukum kekekalan massa, mengapa massa zat sebelum dan sesudah reaksi kimia selalu sama?
7. Bagaimana hubungan makna kata “zarrah” dalam Al-Qur’an dengan konsep atom dalam ilmu kimia modern?
8. Mengapa warna cahaya yang dihasilkan gas Helium berbeda dengan gas Neon saat dialiri listrik? Jelaskan secara ilmiah.
9. Mengapa teori atom terus mengalami perubahan dari Democritus hingga teori mekanika kuantum? Apa yang hal ini tunjukkan tentang sifat ilmu pengetahuan?
10. Apa makna filosofis dari keteraturan gerak elektron di sekitar inti atom terhadap kebesaran dan keteraturan ciptaan Allah?

H. ASESMEN

Jawablah pertanyaan berikut dengan benar.

1. Saat membuat teh manis, gula yang ditambahkan tampak “hilang” setelah diaduk, tetapi rasa manis tetap ada. Jelaskan apa yang sebenarnya terjadi pada partikel-partikel penyusun gula ketika larut dalam air! Bagaimana fenomena ini membuktikan bahwa materi tersusun atas partikel-partikel sangat kecil? Fokus konsep: Atom dan molekul sebagai penyusun zat; konsep partikel zat dalam larutan.
2. Saat pelajaran Kimia, guru menunjukkan gambar percobaan hamburan partikel alfa oleh Rutherford. Sebagian besar partikel menembus lempeng emas tanpa dibelokkan, tetapi sebagian kecil memantul. Jelaskan apa makna hasil percobaan Rutherford tersebut terhadap struktur atom! Fokus konsep: Teori atom, eksperimen ilmiah, struktur atom (inti dan elektron).

3. Saat menyetrika, ibu menggunakan setrika yang terbuat dari logam, sedangkan gagangnya dari plastik. Logam dapat menghantarkan panas, sedangkan plastik tidak. Jelaskan perbedaan sifat logam dan nonlogam tersebut berdasarkan letaknya dalam sistem periodik unsur! Fokus konsep: Klasifikasi unsur dalam sistem periodik; sifat logam dan nonlogam.
4. Di rumah terdapat berbagai bahan kimia seperti NaCl (garam dapur), NaHCO_3 (soda kue), dan CaCO_3 (kapur). Jelaskan nama IUPAC dari ketiga senyawa tersebut serta kaitkan perbedaan strukturnya dengan fungsi dan kegunaannya dalam kehidupan sehari-hari! Fokus konsep: Tata nama senyawa ionik dan kovalen, aplikasi kimia sehari-hari.
5. Pagar besi rumah yang dibiarkan terkena air hujan lama-kelamaan berkarat. Jelaskan proses kimia yang terjadi saat besi berkarat dan tuliskan nama senyawa yang terbentuk beserta penjelasan mengapa besi mudah mengalami oksidasi! Fokus konsep: Reaksi kimia, senyawa oksida logam, tata nama senyawa.



3 REAKSI KIMIA DAN HUKUM DASAR KIMIA

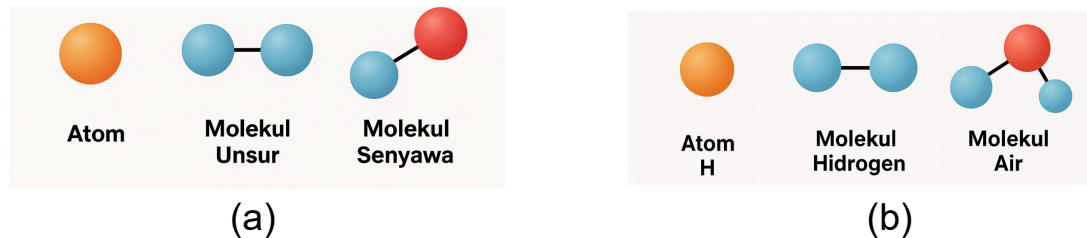
A. TUJUAN PEMBELAJARAN

Setelah mempelajari bab ini murid dapat:

1. Menjelaskan persamaan reaksi menurut perspektif Al-Qur'an.
2. Menganalisis reaksi kimia yang terjadi dan menuliskan persamaan reaksinya.
3. Mengkaji hukum-hukum dasar kimia menurut perspektif Al-Qur'an.
4. Membuktikan berdasarkan percobaan bahwa massa zat sebelum dan sesudah reaksi sama (hukum kekekalan massa)
5. Membuktikan berlakunya hukum perbandingan tetap berdasarkan data percobaan.
6. Membuktikan berlakunya hukum kelipatan perbandingan (hukum Dalton) pada beberapa senyawa.
7. Menggunakan data percobaan untuk membuktikan hukum perbandingan volume (hukum Gay Lussac).
8. Menemukan hubungan volume gas dengan jumlah molekulnya yang diukur pada suhu dan tekanan sama (hipotesis Avogadro)

B. PENGANTAR

Masih ingatkah kalian dengan partikel penyusun materi? Atom sebagai partikel materi dapat bergabung membentuk molekul, ada yang berupa molekul unsur ataupun molekul senyawa.



Gambar 3.1 (a) visualisasi gambar partikel materi (b) contoh visualisasi gambar partikel materi

Perubahan suatu materi menjadi materi baru yang memiliki sifat yang berbeda dari materi pembentuknya menunjukkan suatu zat mengalami perubahan kimia dan disebut dengan reaksi kimia. Reaksi kimia yang terjadi dituliskan dalam suatu persamaan reaksi.

Fenomena reaksi kimia tidak hanya menjadi bagian dari ilmu kimia modern, tetapi juga dapat ditemukan dalam berbagai peristiwa alam yang tersirat dalam Al-Qur'an, seperti proses penciptaan bumi, pembentukan zat, perubahan energi, dan transformasi materi di alam semesta. Di balik setiap reaksi kimia tersebut, berlaku prinsip-prinsip yang dikenal sebagai hukum-hukum dasar kimia. Hukum-hukum ini menjelaskan keteraturan dan hubungan kuantitatif antara zat-zat yang terlibat dalam reaksi, meliputi Hukum Kekekalan Massa, Hukum Perbandingan Tetap, Hukum Perbandingan Berganda, Hukum Perbandingan Volume, serta Hipotesis Avogadro.

Dengan memahami hubungan antara reaksi kimia dan hukum-hukum dasar kimia, kita dapat mengetahui bahwa setiap perubahan materi selalu mengikuti aturan ilmiah yang pasti. Hal ini menegaskan bahwa proses alam berjalan secara teratur dan konsisten, menunjukkan adanya keteraturan ciptaan Allah yang dapat dijelaskan melalui hukum-hukum ilmiah.

C. AYAT AL-QURAN

► Al-Qur`an Surat An-Nahl [16]: 67

وَمِنْ ثَمَرَاتِ النَّخِيلِ وَالْأَعْنَابِ تَتَّخِذُونَ مِنْهُ سَكَرًا وَرِزْقًا حَسَنًا إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَةً لِّقَوْمٍ يَعْقِلُونَ

Artinya: “Dari buah kurma dan anggur, kamu membuat minuman yang memabukkan dan rezeki yang baik. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar terdapat tanda (kebesaran Allah) bagi kaum yang mengerti.”

► Al-Qur`an Surat An-Nahl [16]: 68-69

وَأَوْحَىٰ رَبُّكَ إِلَى النَّحْلِ أَنِ اتَّخِذِي مِنَ الْجِبَالِ بُيُوتًا وَمِنَ الشَّجَرِ وَمِمَّا يَعْرِشُونَ ﴿٦٨﴾ ثُمَّ كُلِّي مِنْ كُلِّ الثَّمَرَاتِ فَاسْلُكِي سُبُلَ رَبِّكِ ذُلُلًا يَخْرُجُ مِنْ بُطُونِهَا شَرَابٌ مُّخْتَلِفٌ أَلْوَانُهُ فِيهِ شِفَاءٌ لِّلنَّاسِ إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَةً لِّقَوْمٍ يَتَفَكَّرُونَ ﴿٦٩﴾

Artinya: “Tuhanmu mengilhamkan kepada lebah, “Buatlah sarang-sarang di pegunungan, pepohonan, dan bangunan yang dibuat oleh manusia.”(68) “Kemudian, makanlah (wahai lebah) dari segala (macam) buah-buahan lalu tempuhlah jalan-jalan Tuhanmu yang telah dimudahkan (bagimu).” Dari perutnya itu keluar minuman (madu) yang beraneka warnanya. Di dalamnya terdapat obat bagi manusia. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar terdapat tanda (kebesaran Allah) bagi kaum yang berpikir.”(69)

► Al-Qur`an Surat Yasin [36]: 80

الَّذِي جَعَلَ لَكُم مِّنَ الشَّجَرِ الْأَخْضَرِ نَارًا فَإِذَا أَنْتُمْ تُوقِدُونَ

Artinya: “(Dialah) yang menjadikan api untukmu dari kayu yang hijau. Kemudian, seketika itu kamu menyalakan (api) darinya.”

► Al-Qur'an Surat Al-A'raf [7]: 57-58

وَهُوَ الَّذِي يُرْسِلُ الرِّيحَ بُشْرًا ۖ بَيْنَ يَدَيْ رَحْمَتِهِ ۖ حَتَّىٰ إِذَا أَقْلَتْ سَحَابًا
ثِقَالًا سَقْنَهُ لِبَلَدٍ مَّيِّتٍ فَأَنْزَلْنَا بِهِ الْمَاءَ فَأَخْرَجْنَا بِهِ مِنْ كُلِّ الثَّمَرَاتِ ۚ كَذَٰلِكَ
نُخْرِجُ الْمَوْتَىٰ لَعَلَّكُمْ تَذَكَّرُونَ ﴿٥٧﴾ وَالْبَلَدُ الطَّيِّبُ يَخْرِجُ نَبَاتَهُ بِإِذْنِ رَبِّهِ
وَالَّذِي خَبَتْ لَا يَخْرُجُ إِلَّا نَكِدًا ۚ كَذَٰلِكَ نُصَرِّفُ الْآيَاتِ لِقَوْمٍ يَشْكُرُونَ ﴿٥٨﴾

Artinya: “Dialah yang mendatangkan angin sebagai kabar gembira yang mendahului kedatangan rahmat-Nya (hujan) sehingga apabila (angin itu) telah memikul awan yang berat, Kami halau ia ke suatu negeri yang mati (tandus), lalu Kami turunkan hujan di daerah itu. Kemudian Kami tumbuhkan dengan hujan itu berbagai macam buah-buahan. Seperti itulah Kami membangkitkan orang-orang mati agar kamu selalu ingat” (57) “Tanah yang baik, tanaman-tanamannya tumbuh subur seizin Tuhannya. Adapun tanah yang tidak subur, tanaman-tanamannya hanya tumbuh merana. Demikianlah Kami jelaskan berulang kali tanda-tanda kebesaran (Kami) bagi orang-orang yang bersyukur.”(58)

► Al-Qur'an Surat Al-Furqan [25]: 2

الَّذِي لَهُ مُلْكُ السَّمٰوٰتِ وَالْاَرْضِ وَلَمْ يَتَّخِذْ وَلَدًا وَلَمْ يَكُنْ لَهُ شَرِيْكٌ
فِي الْمُلْكِ وَخَلَقَ كُلَّ شَيْءٍ فَقَدَرَهُ تَقْدِيرًا

“Artinya: ”(Yaitu Zat) yang milik-Nyalah kerajaan langit dan bumi, (Dia) tidak mempunyai anak, dan tidak ada satu sekutu pun dalam kekuasaan(-Nya). Dia telah menciptakan segala sesuatu, lalu menetapkan ukuran-ukurannya dengan tepat.”

► Al-Qur'an Surat Al-Qamar [54]: 49

إِنَّا كُلَّ شَيْءٍ خَلَقْنَاهُ بِقَدَرٍ

Artinya: “Sesungguhnya Kami menciptakan segala sesuatu sesuai dengan ukuran.”

► Al-Qur'an Surat Ar-Rahman [55]: 7-8

وَالسَّمَاءَ رَفَعَهَا وَوَضَعَ الْمِيزَانَ ﴿٧﴾ أَلَّا تَطْغَوْا فِي الْمِيزَانِ ﴿٨﴾

Artinya: “Langit telah Dia tinggikan dan Dia telah menciptakan timbangan (keadilan dan keseimbangan)” (7) “agar kamu tidak melampaui batas dalam timbangan itu”(8)

► Al-Qur'an Surat Ar-Rum [30]: 22

وَمِنْ آيَاتِهِ خَلْقُ السَّمُوتِ وَالْأَرْضِ وَاخْتِلَافُ أَلْسِنَتِكُمْ وَأَلْوَانِكُمْ إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَاتٍ لِّلْعَلَمِينَ

Artinya: “Di antara tanda-tanda (kebesaran)-Nya ialah penciptaan langit dan bumi, perbedaan bahasa dan warna kulitmu. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar terdapat tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi orang-orang yang berilmu.”

► Al-Qur'an Surat Nuh [71]:17-18

وَاللَّهُ أَنْبَتَكُمْ مِّنَ الْأَرْضِ نَبَاتًا ﴿١٧﴾ ثُمَّ يُعِيدُكُمْ فِيهَا وَيُخْرِجُكُمْ إِخْرَاجًا ﴿١٨﴾

Artinya: “Allah benar-benar menciptakanmu dari tanah.”(17) “Kemudian, dia akan mengembalikanmu ke dalamnya (tanah) dan mengeluarkanmu (pada hari Kiamat) dengan pasti.”(18)

► Al-Qur'an Surat Al-Ahzab [33]: 62

سُنَّةَ اللَّهِ فِي الَّذِينَ خَلَوْا مِنْ قَبْلُ وَلَٰكِنْ تَجِدَ لِسُنَّةِ اللَّهِ تَبْدِيلًا

Artinya: “(Hukuman itu) sebagai sunatullah yang berlaku terhadap orang-orang yang telah berlalu sebelum kamu. Engkau tidak akan mendapati perubahan pada sunatullah.”

D. TAHUKAH KAMU

Reaksi kimia merupakan suatu proses ilmiah di mana zat-zat yang disebut pereaksi (reaktan) mengalami perubahan menjadi zat baru yang disebut produk. Perubahan ini terjadi melalui pemutusan dan pembentukan kembali ikatan kimia antar atom, yang menghasilkan senyawa dengan sifat fisika dan kimia berbeda dari zat asalnya. Proses reaksi kimia dapat berlangsung secara spontan di alam atau memerlukan kondisi tertentu agar terjadi, seperti adanya katalis, suhu, atau tekanan yang sesuai. Secara umum, pola reaksi kimia dapat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis, antara lain reaksi oksidasi (pembakaran), reaksi sintesis (pembentukan senyawa baru), reaksi dekomposisi (penguraian), dan jenis-jenis reaksi lainnya.

Kajian ilmiah yang dilakukan oleh para ilmuwan di berbagai belahan dunia menunjukkan bahwa reaksi kimia memiliki peran penting dalam menjaga keseimbangan dan keberlangsungan proses alam. Pemahaman terhadap struktur dan sifat zat memungkinkan kita untuk meramalkan hasil suatu reaksi ketika dua atau lebih zat bereaksi. Pengetahuan ini menjadi dasar dalam pengembangan berbagai bidang seperti industri kimia, energi, farmasi, dan lingkungan. Dengan demikian, studi tentang reaksi kimia tidak hanya membantu menjelaskan fenomena alam, tetapi juga berkontribusi pada kemajuan teknologi dan kesejahteraan manusia.

Di balik proses reaksi kimia yang kompleks, terdapat prinsip-prinsip ilmiah yang mengaturnya, yaitu hukum-hukum dasar kimia. Hukum-hukum tersebut meliputi Hukum Kekekalan Massa, Hukum Perbandingan Tetap, Hukum Perbandingan Berganda, Hukum Perbandingan Volume, dan Hipotesis Avogadro. Meskipun tampak sederhana, hukum-hukum ini menjadi fondasi penting dalam memahami hubungan kuantitatif antara zat-zat yang terlibat dalam reaksi kimia. Keberadaan hukum-hukum dasar tersebut juga menjadi titik awal bagi lahirnya teori atom Dalton, yang menjelaskan bahwa semua materi tersusun atas partikel-partikel kecil yang disebut atom.

Hukum-hukum dasar kimia lahir dari berbagai eksperimen yang dilakukan dengan ketelitian tinggi terhadap massa dan volume zat. Ketelitian dalam pengukuran dan pengendalian variabel eksperimen menjadi faktor penting dalam memperoleh hasil yang akurat dan dapat dipercaya. Pertanyaan-pertanyaan seperti bagaimana kesalahan pengukuran dapat memengaruhi kesimpulan hukum, atau bagaimana hukum kekekalan massa diuji pada sistem reaksi terbuka dan tertutup, menjadi refleksi ilmiah yang menarik untuk dikaji. Demikian pula, keterkaitan antara Hukum Perbandingan Tetap dan Hukum Perbandingan Berganda menunjukkan bahwa keduanya saling melengkapi dalam menjelaskan keteraturan komposisi zat.

Perjalanan penemuan hukum-hukum dasar kimia memberikan pelajaran berharga tentang ketekunan dan kecermatan para ilmuwan seperti Antoine Lavoisier, Joseph Proust, dan John Dalton, yang dengan peralatan sederhana mampu menemukan hukum universal yang masih berlaku hingga kini. Penerapan hukum-hukum dasar ini dapat diamati dalam berbagai peristiwa sehari-hari, seperti pembakaran logam, reaksi fotosintesis pada tumbuhan, dan proses metabolisme dalam tubuh makhluk hidup. Semua fenomena tersebut menunjukkan bahwa hukum-hukum kimia tidak hanya bersifat teoretis, tetapi juga memiliki relevansi nyata dalam menjelaskan transformasi energi dan materi dalam konteks lingkungan dan kehidupan manusia.

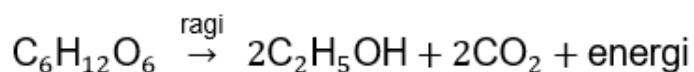
E. TADABBUR

Tahukah kamu apa kaitannya ayat-ayat Al-Quran di atas dengan reaksi kimia dan hukum dasar kimia?

Al-Qur`an merupakan petunjuk bagi umat manusia, yang dalam beberapa konteks memberikan petunjuk terhadap permasalahan yang dihadapi dan fenomena yang terjadi. Dalam Al-Qur`an reaksi kimia tidak disebut secara langsung, namun banyak fenomena yang tersirat dalam Al-Qur`an yang menunjukkan adanya proses kimia.

Al-Qur'an surat An-Nahl Ayat 67 mengajak kita untuk mengamati ciptaan Allah dan menganalisisnya. Ada reaksi kimia yang terjadi ketika buah anggur dan kurma difermentasikan, yang menghasilkan cairan yang dapat diminum. Cairan yang dihasilkan dapat memabukkan jika konsentrasinya pekat, dan akan membawa mudharat bagi kita. Namun juga merupakan rezeki yang baik karena memiliki manfaat untuk tubuh tetapi kadarnya tidak melebihi ambang batas ya memabukkan. Pembuatan alkohol (minuman yang memabukkan dari buah kurma dan anggur) menunjukkan adanya reaksi fermentasi yang mengubah molekul gula menjadi molekul alkohol dan karbon dioksida dengan bantuan ragi. Penjelasan mengenai peristiwa fermentasi tersebut:

Anggur mengandung glukosa ($C_6H_{12}O_6$) dan fruktosa, yang merupakan gula sederhana. Ketika ditambahkan ragi (*Saccharomyces cerevisiae*), ragi akan memfermentasi gula tersebut dalam kondisi anaerob (tanpa oksigen). Reaksi kimia keseluruhannya adalah:

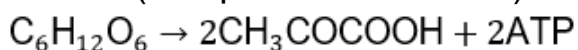


Atau dalam kata-kata:

Glukosa $\rightarrow$ etanol (alkohol) + karbon dioksida + energi

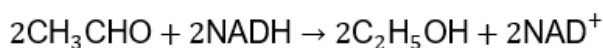
Secara bertahap reaksinya dapat dijelaskan:

1. Glikolisis (tahap awal fermentasi)

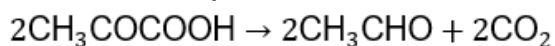


Glukosa dipecah menjadi dua molekul asam piruvat ($CH_3COCOOH$).

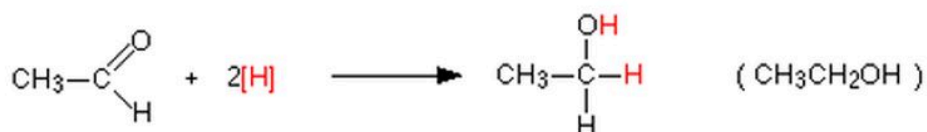
2. Dekarboksilasi piruvat



Piruvat melepaskan CO_2 dan membentuk asetaldehida (CH_3CHO).



3. Reduksi asetaldehida menjadi etanol



Asetaldehida direduksi menjadi etanol (C_2H_5OH), menghasilkan alkohol pada anggur.

Hasil akhir fermentasi anggur:

Komponen	Zat kimia	Fungsi / Ciri
Alkohol	Etanol (C_2H_5OH)	Memberi efek alkohol pada wine
Gas	CO_2	Menyebabkan gelembung pada fermentasi
Energi	ATP	Digunakan ragi untuk hidup
Sisa padatan	Ragi mati, asam organik, ester	Mempengaruhi aroma dan rasa anggur

Reaksi fermentasi dapat berbeda-beda bergantung pada molekul gula yang difermentasi dan produk yang dihasilkan.

Surat An-Nahl ayat 68-69 memberi petunjuk pada kita untuk mensyukuri nikmat yang Allah berikan. Allah memberi ilham kepada lebah untuk membuat sarang-sarang yang bukan hanya sebagai tempat berlindung dan berkembang biak namun juga merupakan tempat dari proses pembentukan madu. yang dihasilkan dari bahan alami yang dikumpulkan oleh lebah. Pembentukan madu bukan reaksi kimia sederhana seperti fermentasi alkohol, tetapi melibatkan serangkaian proses biokimia dan fisik yang terjadi di dalam tubuh lebah dan di sarang.

Berikut penjelasan reaksi kimia dan biologis pembentukan madu secara ilmiah:

1. Bahan awal: Nektar bunga

Nektar adalah larutan gula encer (sekitar 70–80% air) yang mengandung:

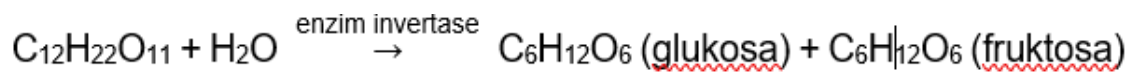
- Sukrosa ($C_{12}H_{22}O_{11}$)
- Glukosa ($C_6H_{12}O_6$)
- Fruktosa ($C_6H_{12}O_6$)
- Asam amino, mineral, dan aroma bunga

Lebah pekerja mengisap nektar menggunakan probosis dan menyimpannya dalam kantung madu (*honey stomach*).

2. Proses kimia di dalam tubuh lebah

Saat nektar disimpan di dalam kantung madu, enzim invertase (sukrase) yang dihasilkan dari kelenjar lebah mulai mengubah sukrosa menjadi glukosa dan fruktosa.

Reaksi kimianya:



→ Jenis reaksi: hidrolisis sukrosa

3. Pemrosesan di sarang

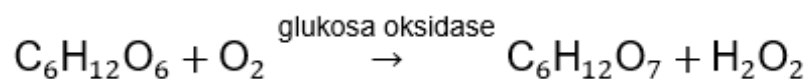
- Lebah pekerja lain menerima nektar yang sudah dipecah sebagian dan melanjutkan penguapan air dengan mengipas-ngipas sayap.
- Proses ini menurunkan kadar air dari $\pm 80\% \rightarrow \pm 17-20\%$.
- Akibatnya, larutan menjadi sangat kental dan jenuh gula $\rightarrow$ terbentuk madu.

4. Reaksi tambahan kecil

Selain invertase, enzim lain juga berperan:

Enzim	Reaksi	Hasil
Diastase (amilase)	Mengubah pati kecil jadi maltose	Menambah rasa manis
Glukosa oksidase	Glukosa $\rightarrow$ Asam glukonat + H_2O_2	Memberi sifat antibakteri madu
Katalase	Menguraikan H_2O_2 berlebih	Menjaga stabilitas madu

Contoh reaksi enzim glukosa oksidase:



(Glukosa $\rightarrow$ Asam glukonat + Hidrogen peroksida)

5. Hasil akhir

Komponen	Persentase	Fungsi
Fruktosa	38%	Sumber energi utama
Glukosa	31%	Memberi rasa manis
Air	17%	Menentukan kekentalan
Asam glukonat & H ₂ O ₂	<1%	Bersifat antibakteri alami

Kesimpulan:

Pembentukan madu = proses **biokimia (enzimatik)** + fisika (penguapan air). Tidak hanya reaksi tunggal, tetapi serangkaian reaksi yang diatur oleh enzim lebah untuk menghasilkan larutan gula kental alami yang tahan lama dan kaya nutrisi.

Madu memiliki warna yang beraneka sesuai tempatnya dan merupakan obat bagi kita. Madu yang memiliki sifat panas akan mendorong endapan-endapan kotoran dalam tubuh kita dan akan mendorongnya keluar, sehingga menjadi bersih.

Surat Yasin ayat 80 menunjukkan adanya proses pembakaran karbon yang merupakan reaksi oksidasi, Dimana reaksinya bersifat eksoterm (menghasilkan panas). Pohon hijau mengandung unsur karbon, hidrogen, dan oksigen yang tergabung dalam bentuk karbohidrat yang apabila dikeringkan dan dibakar akan bereaksi dengan oksigen menghasilkan karbon dioksida dan air serta panas. Persamaan reaksi sederhananya dapat ditulis: $C + O_2 \rightarrow CO_2 + \text{energi}$

Surat Al-A`raf ayat 57 mengisyaratkan tentang bumi yang mati, artinya permukaan bumi yang hanya terdiri dari batuan dan kering kerontang. Lalu diturunkan hujan. Air hujan mengalami reaksi kimia dengan batuan sehingga terjadi perubahan senyawa pada batuan, yang akhirnya mengakibatkan hancurnya batuan menjadi senyawa- senyawa yang lebih sederhana dan ukuran yang lebih sederhana. Proses ini menghasilkan tanah dan tanah adalah media tanam yang baik untuk tumbuhan. Jadi ayat tersebut di atas mengisyaratkan perubahan kimia pada batuan sehingga menjadi tanah.

Surat Al-A'raf ayat 58 menyiratkan reaksi kimia yang terjadi dapat mengubah sesuatu yang baik menjadi buruk atau sesuatu yang kurang bermanfaat menjadi bermanfaat. Dari bebatuan dapat diubah menjadi tanah sehingga dapat dimanfaatkan menjadi media tanam. Hal ini dapat kita pahami adanya fenomena hujan asam yang dapat menghancurkan batuan dan mengubah batuan tersebut menjadi tanah, sehingga dapat menjadi media pertumbuhan tanaman. Namun jika hujan asam jatuh di tanah dapat mempengaruhi kondisi tanah. Kondisi tanah mempengaruhi kesuburan tanaman. Kita dapat memanfaatkan ilmu kimia untuk mempelajari kondisi tanah dan unsur hara yang dikandung oleh tanah tersebut dan menanam tanaman yang sesuai dengan kondisi tanah tersebut atau berupaya mengolah tanah dengan menggunakan pupuk yang sesuai sehingga tanah yang tidak subur menjadi subur. Proses yang kita lakukan dalam upaya tersebut melibatkan reaksi kimia.

Surat Al-Furqan ayat 2 dan Al-Qamar ayat 49 menunjukkan bahwa segala sesuatu diciptakan dengan ukuran dan takaran tertentu, sebagaimana ditemukan dari hasil penyelidikan ahli kimia setiap zat memiliki jumlah dan perbandingan tetap antar partikelnya. Mol adalah satuan untuk mengukur jumlah partikel (atom, molekul, atau ion) secara pasti: $1 \text{ mol} = 6,022 \times 10^{23}$ partikel (bilangan Avogadro). Allah menetapkan keseimbangan jumlah partikel dalam setiap reaksi, sejalan dengan hukum stoikiometri. Kedua ayat ini juga menjelaskan bahwa Allah yang menciptakan apa yang ada di alam semesta ini dan mencerminkan bagaimana rapinya Allah menciptakan sesuatu sesuai dengan ukurannya. Atom yang bagi para ilmuwan dan kita pahami sebagai partikel terkecil penyusun materi memiliki ukuran massa dan jumlah sub partikel (proton, elektron, dan neutron) yang berbeda-beda untuk setiap atom unsur. Orbital yang ada di dalam atom juga memiliki kemampuan yang berbeda dalam menampung elektron. Sungguh sangat sempurna Allah menciptakan makhluk dan bumi sebagai tempat makhluk hidup berkembang biak, serta alam semesta sebagai lingkungan tempat tinggal dan masing-masing diciptakan sesuai qadarnya. Hukum Kekekalan massa menyatakan massa zat sebelum dan sesudah reaksi sama, Ketika suatu zat “berubah” dalam reaksi kimia, sebenarnya unsur dasarnya tetap

Surat Ar-Rahman ayat 7 dan 8 menunjukkan keteraturan. Hukum Perbandingan Tetap menyatakan bahwa setiap senyawa memiliki perbandingan massa unsur yang selalu tetap. Ini menggambarkan keseimbangan dan keteraturan dalam ciptaan Allah, setiap unsur bersatu dengan proporsi yang tepat untuk membentuk kestabilan. Keteraturan ini mencerminkan keadilan dan keseimbangan (mīzān) yang menjadi prinsip ciptaan alam. Jika perbandingan unsur berubah, sifat zat pun berubah, seperti keseimbangan moral dalam kehidupan yang bila terganggu, menimbulkan kekacauan.

Surat Ar-Rum ayat 22 menggambarkan tentang keberagaman ciptaan dari unsur-unsur yang sama, menunjukkan kekuasaan dan kebijaksanaan Allah dalam menciptakan variasi dari bahan dasar yang serupa. Hukum Perbandingan Berganda menunjukkan bahwa unsur yang sama dapat membentuk senyawa berbeda jika bergabung dalam perbandingan massa berbeda, misalnya CO dan CO₂.

Surat Nuh ayat 17 dan 18 menjelaskan dalam kimia, energi tidak hilang, hanya berubah bentuk, dari energi kimia menjadi panas, dari panas menjadi gerak. Ayat ini mengandung filosofi transformasi dan siklus yang kekal, sebagaimana energi dan materi dalam hukum termodinamika.

Surat Al-Ahzab ayat 62 menyiratkan Hukum-hukum dasar kimia merupakan bagian dari sunnatullah, hukum tetap yang mengatur alam semesta. Perubahan zat, reaksi kimia, dan struktur atom semuanya tunduk pada ketentuan Allah yang tidak berubah.

MASALAH KONTEKSTUAL

Dampak Pemberian Kapur Tohor



Gambar 3.1 Kolam Ikan

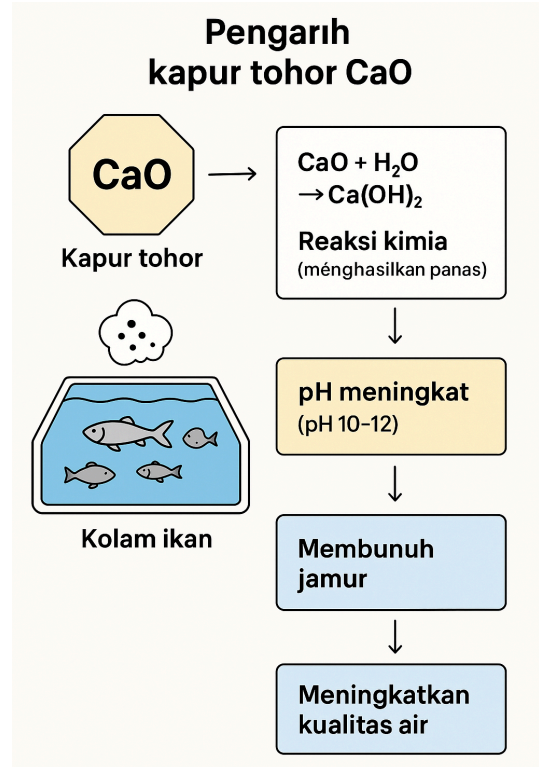
Pak Budi memiliki kolam ikan lele yang mulai berbau dan airnya terlihat kehijauan karena pertumbuhan alga yang berlebihan. Seorang teman menyarankan agar Pak Budi menaburkan kapur tohor (CaO) ke dalam kolam untuk menetralkan air dan mengurangi bau.

Beberapa hari kemudian, sebagian ikan terlihat stres dan beberapa bahkan mati. Pak Budi penasaran, mengapa hal itu bisa terjadi padahal kapur digunakan untuk memperbaiki kualitas air?

Data dan Informasi:

- Kapur tohor (CaO) bereaksi dengan air membentuk kalsium hidroksida (Ca(OH)_2):
- Larutan Ca(OH)_2 bersifat basa kuat dengan pH sekitar 12.
- Ikan hidup optimal pada pH air antara 6,5 – 8,5.

Kasus yang dialami Pak Budi dapat juga terjadi pada petani-petani ikan lainnya, atau kita alami sendiri. Untuk bisa memahami dan terhindar dari kejadian seperti yang dialami pak Budi, ayo kita bereksplorasi dan nantinya dapat mengaplikasikan pengetahuan yang kita peroleh.



Gambar 3.2 Alur Dampak Reaksi Kapur Tohor

EKSPLORASI

3.1 REAKSI KIMIA

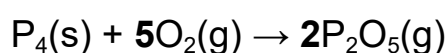
Semua reaksi kimia merupakan penataan ulang atom-atom yang terlibat dalam reaksi. Pada bab sebelumnya kita sudah mempelajari teori atom Dalton yang mendasari konsep persamaan reaksi. Selama terjadi reaksi kimia biasa atom-atom ini tidak berubah. Senyawa terbentuk dengan menggabungkan atom-atom dari unsur-unsur yang berbeda dengan perbandingan tertentu dan sederhana.

Banyak peristiwa di alam yang melibatkan reaksi kimia, artinya reaksi kimia merupakan bagian dalam kehidupan kita. Bagaimanakah kita mengetahui bahwa reaksi kimia telah terjadi? Apa dan bagaimana ciri terjadinya reaksi kimia? Mari kita amati ciri-ciri reaksi yang ada di sekitar kita! Amati proses pembakaran, perkaratan, fermentasi, pengendapan, dan pembusukan, apakah ciri-ciri masing-masing reaksi tersebut yang dapat kalian simpulkan?

Ciri-ciri reaksi kimia adalah terjadi perubahan energi panas atau cahaya, ada perubahan warna, terbentuk endapan, dan terjadi pembentukan gas. Mari kita pelajari ciri-ciri tersebut:

1. Perubahan Energi Panas atau Cahaya.

Reaksi pembakaran adalah salah satu contoh reaksi kimia yang menghasilkan perubahan energi panas dan Cahaya. Sebagai contoh, apabila kembang api yang mengandung senyawa fosfor dibakar akan menghasilkan panas dan cahaya terang. Persamaan reaksi pembakaran fosfor dapat dituliskan:

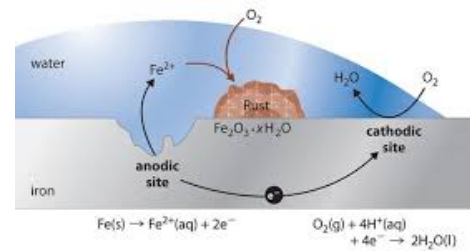
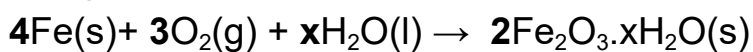


Gambar 3.3 Pembakaran Fosfor

2. Perubahan Warna

Reaksi perkaratan logam besi atau bahan yang terbuat dari besi merupakan salah satu contoh reaksi kimia yang menimbulkan perubahan warna. Reaksi perkaratan terjadi karena besi (Fe) bereaksi dengan gas oksigen (O_2) dan air (H_2O) menghasilkan lapisan karat yang berwarna kemerahan berbeda dengan warna besi.

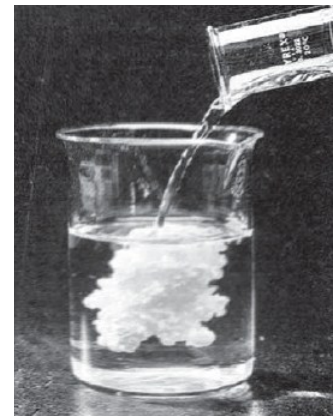
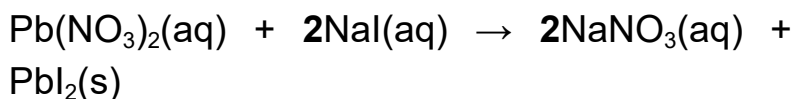
Persamaan reaksi perkaratan besi, ditulis sebagai berikut:



Gambar 3.4 Reaksi Perkaratan Besi

3. Pembentukan Endapan

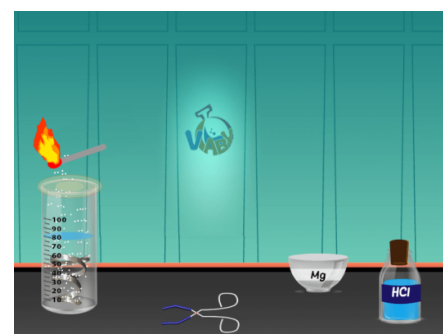
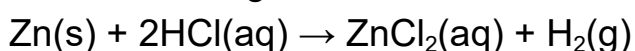
Larutan Timbal nitrat bila direaksikan dengan larutan natrium iodida akan menghasilkan endapan Timbal Iodida berwarna kuning. Persamaan reaksinya dituliskan sebagai berikut:



Gambar 3.5 Reaksi Pengendapan

4. Pembentukan Gas

Salah satu contoh reaksi yang menghasilkan gas adalah jika suatu logam direaksikan dengan asam akan menghasilkan gas hidrogen. Contohnya jika logam seng kita celupkan dalam larutan asam klorida akan menghasilkan larutan seng klorida dan gas hidrogen. Persamaan reaksinya dapat dituliskan sebagai berikut:



Gambar 3.6 Reaksi Logam dan Asam

Gas yang ditimbulkan pada reaksi kimia bisa dilihat dari adanya gelembung gas ataupun adanya bau yang tercium.

3.2 HUKUM-HUKUM DASAR KIMIA

Kita sudah mempelajari mengenai reaksi kimia beserta ciri-ciri telah terjadinya reaksi kimia. Penelitian yang teliti terhadap zat-zat yang terlibat dalam reaksi telah melahirkan hukum-hukum dasar kimia, yaitu hukum kekekalan massa, hukum perbandingan tetap dan hukum kelipatan perbandingan.

Hukum Kekekalan Massa

Pada tahun 1774 seorang ahli kimia berkebangsaan Perancis, Antoine Laurent Lavoisier menyelidiki hubungan berat zat sebelum dan sesudah reaksi secara teliti dan ia menemukan bahwa pada reaksi-reaksi tersebut tidak terjadi perubahan massa. Ia mengemukakan pernyataan yang disebut hukum kekekalan massa, yang berbunyi: "Pada reaksi kimia, massa zat pereaksi sama dengan massa zat hasil reaksi."



Gambar 3.7 Antoine Laurent Lavoisier

Salah satu reaksi kimia yang telah kita pelajari sebelumnya yang ada di sekitar kita adalah reaksi pembakaran. Untuk membuktikan teori terkait reaksi pembakaran, coba lakukan aktifitas berikut:

- Timbang pita magnesium sebelum pembakaran.
- Bakar magnesium dalam udara hingga menjadi magnesium oksida.
- Timbang hasil pembakaran (massa padatan).

Pemantik berpikir:

- Mengapa massa produk bisa bertambah?
- Dari mana tambahan massa itu berasal?
- Apakah massa selalu kekal meskipun terjadi perubahan zat?

Hukum Perbandingan Tetap



Gambar 3.8 Joseph Louis Proust

Jika Lavoisier meneliti massa zat, Joseph Louis Proust meneliti perbandingan massa unsur yang menyusun suatu senyawa. Hasil penyelidikan berulang-ulang menunjukkan angka perbandingan yang selalu sama meskipun zatnya berasal dari tempat yang berbeda. Temuannya ini dirumuskan, dan dikenal dengan hukum perbandingan tetap. **“Suatu senyawa selalu terdiri atas unsur-unsur yang sama dengan perbandingan massa yang tetap.”**

Sebelum mempelajari hukum perbandingan tetap, kita perlu memahami massa atom relatif (A_r) dan massa molekul relatif (M_r). Karena massa elektron jauh lebih kecil dari proton dan neutron maka diabaikan. Nomor massa merupakan massa atom, yaitu partikel proton dan neutron. Massa partikel ini dinyatakan dalam satuan massa atom (sma) atau Dalton (Da).

Massa Atom Relatif dan Massa Molekul Relatif

Atom berukuran sangat kecil sehingga kita tidak bisa menimbang sebuah atom. Meski demikian, kita dapat menentukan massa atom suatu unsur dengan cara membandingkannya dengan atom unsur yang lain. Oleh karena itu, diperlukan unsur yang dapat dijadikan sebagai pembanding. Massa atom suatu unsur mempunyai istilah massa atom relatif yang diberi notasi A_r . Massa atom relatif merupakan massa atom rata-rata unsur tersebut terhadap massa atom C dengan nomor atom 12. Jadi, A_r merupakan perbandingan yang dalam bentuk persamaan matematis ditulis sebagai berikut. A_r massa rata-rata atom unsur X 1 massa atom unsur C-12.

$$A_r X = \frac{\text{massa rata-rata 1 atom unsur}}{\frac{1}{12} \text{ massa 1 atom isotop C-12}}$$

$$A_r X = \frac{\text{massa rata-rata 1 atom unsur X}}{\frac{1}{12} \cdot 12 \text{ sma}}$$

$$A_r X = \text{massa rata-rata 1 atom unsur X.}$$

Ingatlah, bahwa A_r di sini sudah tidak memiliki satuan.

Menurut Dalton, baik atom-atom sejenis maupun yang berbeda jenis, dapat bergabung membentuk molekul. Nah, jika demikian maka bagaimana caranya menentukan massa molekul? Dalam hal ini yang dihitung adalah massa molekul relatif atau ditulis sebagai M_r . Sebagai contoh, molekul air (H_2O) yang disusun dari 2 atom H dan 1 atom O. Atom H memiliki $A_r = 1$, sedangkan atom O mempunyai $A_r = 16$. Jika kalian gabungkan, diperoleh perhitungan berikut:

$$M_r H_2O = (2 \times A_r H) + (1 \times A_r O)$$

$$= (2 \times 1) + (1 \times 16)$$

$$= 18$$

Contoh :

Berapakah massa 2 mol air (H_2O) jika diketahui $M_r H_2O = 18$?

Uraian jawaban: Massa molekul relatif rata-rata dari air dihitung sebagai berikut.

1 mol zat setara dengan A_r atau M_r zat tersebut,

Harga $M_r H_2O = 18$, maka massa satu mol air adalah 18 gram sehingga massa 2 mol air adalah $2 \times 18 = 36$ gram.

Untuk memahami hukum perbandingan tetap, mari berlatih sejenak.

Karbon dioksida (CO_2) terdiri atas satu atom karbon (C) dan dua atom oksigen (O). Jika massa atom karbon adalah 12 dan massa oksigen 32, berapa perbandingan massa atom karbon terhadap oksigen? Ayo diskusikan bersama teman kalian.

Ayo perhatikan contoh perhitungan berikut.

Contoh 1:

Sebanyak 2,8 gram kalsium oksida (CaO) dihasilkan dari pemanasan batu kapur yang mengandung 0,8 gram oksigen. Saat 1 gram oksigen (O) direaksikan dengan kalsium (Ca) maka 3,5 gram kalsium oksida diperoleh. Buktikan bahwa keadaan ini memenuhi hukum perbandingan tetap!

Pembahasan:

Percobaan	Massa CaO (g)	Massa O (g)	Massa Ca (g)	Perbandingan Massa $Ca : O$
1	2,8	0,8	$2,8 - 0,8 = 2,0$	$2,0 : 0,8 = 2,5$
2	3,5	1,0	$3,5 - 1 = 2,5$	$2,5 : 1,0 = 2,5$

Terbukti bahwa perbandingan massa unsur-unsur yang menyusun kalsium oksida, yaitu unsur kalsium dan oksigen, berbanding sebagai bilangan bulat dan sederhana, yaitu $2,5 : 2,5 = 1 : 1$

Hukum Perbandingan Berganda

Hukum perbandingan berganda merupakan pengembangan hukum perbandingan tetap. Oleh karena hukum ini dikemukakan oleh Dalton maka dikenal sebagai Hukum Dalton.

“Jika dua unsur dapat membentuk lebih dari satu senyawa maka perbandingan massa dari unsur yang satu dalam senyawa-senyawa tersebut merupakan bilangan bulat sederhana, sementara perbandingan massa unsur lainnya tetap”



Gambar 3.9 John Dalton

Unsur nitrogen dan oksigen dapat membentuk dua jenis senyawa. Senyawa pertama adalah gas tertawa dan senyawa kedua adalah gas polutan. Manakah di antara unsur-unsur tersebut yang memiliki perbandingan sama pada kedua senyawa itu? Berapa perbandingannya? Adakah unsur yang memiliki perbandingan berbeda? Bagaimana cara mengetahuinya? Perhatikan contoh berikut!

Contoh:

Hidrogen (H) dan oksigen (O) bergabung membentuk dua senyawa, yaitu air (H_2O) dan hidrogen peroksida (H_2O_2). Pada senyawa H_2O maupun H_2O_2 , massa H yang bereaksi masing-masing sebesar 2 gram. Pada senyawa H_2O massa O yang bereaksi adalah 16 gram, sementara massa atom O pada senyawa H_2O_2 sebesar dua kali massa atom O pada H_2O . Bagaimana kalian membuktikan hukum Dalton pada kasus ini?

Pembahasan:

Senyawa	Nama senyawa	Massa H (g)	Massa O (g)
1	H_2O	2	16
2	H_2O_2	2	32

Senyawa 1: perbandingan massa H : massa O = 2 : 16

Senyawa 2: perbandingan massa H : massa O = 2 : 32

Dari kedua senyawa tersebut terlihat bahwa:

Perbandingan massa atom H senyawa 1 terhadap massa atom H senyawa 2 adalah $2 : 2 = 1 : 1$.

Perbandingan massa atom O senyawa 1 terhadap massa atom O senyawa 2 adalah $16 : 32 = 1 : 2$.

Ternyata, perbandingan massa atom O pada kedua senyawa adalah 1 : 2, merupakan bilangan bulat dan sederhana, sementara perbandingan massa atom H pada kedua senyawa adalah tetap, yaitu 1 : 1

Hukum Perbandingan Volume

Hukum perbandingan volume dikemukakan oleh Joseph Louis Gay-Lussac (1778–1850) ahli kimia dari Perancis. **“Pada suhu dan tekanan yang sama, volume gas-gas yang bereaksi dan volume gas hasil reaksi berbanding sebagai bilangan bulat dan sederhana.”**

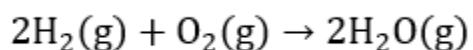
Artinya, **gas-gas bereaksi dalam perbandingan volume yang sederhana, asalkan diukur pada suhu dan tekanan yang sama.**



Gambar 3.10 Joseph Louis Gay-Lussac

Contoh Eksperimen

Reaksi pembentukan uap air dari hidrogen dan oksigen,



jika diukur pada suhu dan tekanan yang sama, maka:

Gas	Perbandingan volume
H ₂	2 bagian
O ₂	1 bagian
H ₂ O	2 bagian

👉 Jadi, perbandingan volume = 2 : 1 : 2, semuanya bilangan bulat sederhana.

Kesimpulan

- Volume gas yang bereaksi tidak acak, tetapi berhubungan langsung dengan perbandingan koefisien reaksi.
- Hukum perbandingan volume tidak berlaku pada reaksi yang melibatkan zat dalam fase padat dan cair. Pada zat padat dan cair koefisien reaksi hanya menyatakan perbandingan mol, tidak menyatakan perbandingan volume.
- Hukum ini membantu kita memahami hubungan stoikiometri antar gas tanpa harus menghitung mol secara langsung.

Hipotesis Avogadro



Gambar 3.11 Amedeo Avogadro

Hipotesis Avogadro: “Pada suhu dan tekanan yang sama, volume gas yang sama mengandung jumlah partikel (molekul) yang sama.”

Hipotesis ini diajukan oleh Amedeo Avogadro (1811) untuk menjelaskan hukum perbandingan volume yang ditemukan Gay-Lussac.

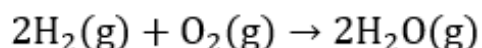
Avogadro menjelaskan bahwa:

- Perbandingan volume gas yang sederhana terjadi karena **volume gas berbanding lurus dengan jumlah molekulnya (mol)**.
- Jadi, **volume gas dapat mewakili jumlah partikel** pada kondisi suhu dan tekanan yang sama.

Rumus Matematisnya:

$$\frac{V_1}{n_1} = \frac{V_2}{n_2}$$

Contoh penerapannya untuk reaksi berikut:



Menurut Hipotesis Avogadro:

- 2 volume H_2 berarti 2 mol H_2
- 1 volume O_2 berarti 1 mol O_2
- menghasilkan 2 volume (atau 2 mol) H_2O

Kesimpulan:

Perbandingan volume gas sama dengan perbandingan jumlah mol (karena tiap volume gas mengandung jumlah molekul yang sama).

DISKUSI

Setelah membaca dan memahami eksplorasi konsep, selanjutnya temukan solusi untuk menjawab kasus pada bagian masalah kontekstual, dengan menjawab pertanyaan-pertanyaan berikut.

1. Jelaskan secara ilmiah mengapa ikan di kolam Pak Budi bisa mati setelah penambahan kapur tohor!
2. Menurutmu, apakah penggunaan kapur tohor merupakan solusi yang tepat untuk mengatasi masalah kualitas air kolam? Jelaskan dengan alasan kimia.
3. Usulkan alternatif tindakan atau bahan kimia lain yang lebih aman untuk menetralkan air kolam tanpa membahayakan ikan. Jelaskan reaksi kimia yang mungkin terjadi.

MUHASABAH

- Tuliskan pengalaman dan pemahaman yang kamu dapat dari diskusi kasus 1. Bagaimana konsep reaksi kimia bisa digunakan secara bijak dalam kehidupan sehari-hari?
- Tuliskan pengalaman dan pemahaman yang kamu dapat dari kasus 2 terkait dengan pencemaran udara, efisiensi energi dan tanggung jawab lingkungan serta keseimbangan alam ciptaan Allah yang harus dijaga!

F. RANGKUMAN

Semua reaksi kimia merupakan perubahan kimia yang menghasilkan zat-zat baru yang berbeda sifatnya dari zat-zat penyusunnya. Reaksi kimia ditulis dalam bentuk persamaan reaksi setara yang menunjukkan jenis dan jumlah atom di ruas kiri sama dengan jenis dan jumlah atom di ruas kanan. Untuk menyetarakan suatu reaksi digunakan angka koefisien reaksi.

Hukum-hukum dasar kimia bukan hanya temuan manusia, tetapi penyingkapan terhadap hukum tetap (Sunnatullah) yang sudah Allah tetapkan sejak penciptaan alam. Al-Qur`an mendorong manusia untuk mengamati, meneliti, dan memahami keteraturan alam, karena melalui sains manusia bisa mengenal kebesaran Sang Pencipta.

G. LATIHAN

Untuk menguji pemahaman kamu tentang reaksi kimia dan hukum-hukum dasar kimia, jawablah dengan cermat beberapa pertanyaan berikut.

1. Jia suatu larutan asam direaksikan dengan larutan basa akan terbentuk garam dan air. Prediksikan senyawa garam apa yang akan terbentuk jika larutan asam sulfat (H_2SO_4) direaksikan dengan larutan Natrium Hidroksida (NaOH). Tuliskan persamaan reaksi yang terjadi!
2. Ketika lilin dibakar dalam wadah tertutup, lilin berubah menjadi gas CO_2 dan uap air, namun massa total sistem tetap sama. Dari pembakaran lilin dalam ruang tertutup ini fenomena apa yang dapat kamu simpulkan?
3. Besi (III) oksida (Fe_2O_3) adalah salah satu oksida besi yang terbentuk dari logam besi (Fe) dengan gas oksigen (O_2) di udara. Jika massa besi (III) oksida sebesar 64 g maka berapa gram besi dan oksigen yang saling bereaksi
4. Nitrogen membentuk beberapa senyawa dengan oksigen. Pada senyawa yang disebut gas tertawa diketahui bahwa 2,62 gram nitrogen bergabung dengan 1,50 gram oksigen. Sementara pada senyawa polutan, sebanyak 0,655 gram nitrogen bergabung dengan 1,50 gram oksigen. Buktikan bahwa data-data ini menunjukkan hukum perbandingan berganda.

H. ASESMEN

Selesaikanlah kasus berikut dengan cermat dan teliti!

Di sebuah kota industri, banyak pabrik menggunakan gas metana (CH_4) sebagai bahan bakar untuk menghasilkan energi. Pemerintah kota berencana mengubah sistem pembakaran agar lebih ramah lingkungan dan efisien. Namun, para insinyur menemukan bahwa dalam proses pembakaran, terjadi perbedaan massa antara gas yang masuk dan gas yang keluar. Mereka khawatir hal ini menandakan adanya pencemaran udara atau reaksi yang tidak sempurna.

Untuk memastikan, mereka meminta tim siswa dari SMA setempat untuk meneliti apakah **massa zat sebelum dan sesudah reaksi tetap sama**.

Dapatkan kalian sebagai tim siswa melakukan percobaan sederhana dengan membakar metana di laboratorium tertutup dan menimbang massa total sistem sebelum dan sesudah reaksi? Selanjutnya:

1. Jelaskan **hukum dasar kimia** apa yang berlaku dalam kasus ini.
2. Gunakan **data massa reaktan dan produk** (yang bisa disimulasikan atau diukur) untuk membuktikan hukum tersebut.
3. Kaitkan hasil percobaan dengan **upaya menjaga keseimbangan alam menurut pandangan Al-Qur'an**, misalnya ayat tentang keseimbangan (Al-Mulk:3, Ar-Rahman:7-9).
4. Buat kesimpulan: apakah perbedaan massa menunjukkan pelanggaran hukum dasar kimia, atau ada faktor lain yang memengaruhi?

I. QUOTES ISLAMI

Kematian terdengar seperti hal biasa. Namun ketika direnungi, kita tak akan bisa tertawa.

Dunia ini bukan tempat kita tinggal, tapi tempat kita meninggal

"Dimana saja kamu berada, kematian pasti akan menghampirimu meskipun kamu berlindung di dalam sebuah benteng yang sangat tinggi dan kokoh."

(QS An-Nisa: 78)





KONSEP MOL DAN PEREAKSI PEMBATAS

A. TUJUAN PEMBELAJARAN

Setelah mempelajari bab ini murid dapat:

1. Menunjukkan nilai spiritual dan ilmiah bahwa alam ciptaan Allah berjalan dengan ukuran yang seimbang.
2. Menjelaskan makna konsep mol sebagai satuan dasar dalam perhitungan kimia.
3. Menggunakan satuan mol dalam perhitungan kimia
4. Menulis dan menyetarakan persamaan reaksi.
5. Menggunakan perbandingan koefisien reaksi untuk menghitung jumlah mol, massa, volume gas, atau partikel zat pereaksi dan produk.
6. Menentukan pereaksi pembatas dan pereaksi berlebih

B. PENGANTAR

Ilmu kimia mempelajari susunan, sifat, dan perubahan materi. Salah satu konsep dasarnya adalah mol, yaitu satuan yang digunakan untuk mengukur jumlah partikel zat (atom, molekul, atau ion). Konsep mol membantu manusia memahami keteraturan jumlah partikel dalam setiap reaksi kimia.

Dalam perspektif Islam, segala sesuatu di alam ini diciptakan dengan ukuran, keseimbangan, dan perhitungan yang sempurna, sebagaimana ditegaskan dalam berbagai ayat Al-Qur'an. Karena itu, konsep mol bukan sekadar rumus perhitungan kimia, tetapi juga cerminan dari sunnatullah (hukum tetap Allah) dalam ciptaan-Nya. Dalam reaksi kimia maupun kehidupan, penggunaan zat atau sumber daya secara efisien mencerminkan keseimbangan dan tanggung jawab terhadap ciptaan Allah.

C. AYAT AL-QURAN

► Al-Quran Surat Yasin [36]:36

سُبْحَنَ الَّذِي خَلَقَ الْأَزْوَاجَ كُلَّهَا مِمَّا تُثْبِتُ الْأَرْضُ وَمِنْ أَنْفُسِهِمْ
وَمِمَّا لَا يَعْلَمُونَ

Artinya: *"Maha Suci (Allah) yang telah menciptakan semuanya berpasang-pasangan, baik dari apa yang ditumbuhkan oleh bumi dan dari diri mereka sendiri maupun dari apa yang tidak mereka ketahui.."*

► Al-Quran Surat Ar-Rahman [55]:9

وَأَقِيمُوا الْوَزْنَ بِالْقِسْطِ وَلَا تُخْسِرُوا الْمِيزَانَ

Artinya: *"Tegakkanlah timbangan itu dengan adil dan janganlah kamu mengurangi timbangan itu."*

► Al-Quran Surat Al-Furqan [25:2]

الَّذِي لَهُ مُلْكُ السَّمُوتِ وَالْأَرْضِ وَلَمْ يَتَّخِذْ وَلَدًا وَلَمْ يَكُنْ لَهُ
شَرِيكٌ فِي الْمُلْكِ وَخَلَقَ كُلَّ شَيْءٍ فَقَدَرَهُ تَقْدِيرًا

Artinya : “(Yaitu Zat) yang milik-Nyalah kerajaan langit dan bumi, (Dia) tidak mempunyai anak, dan tidak ada satu sekutu pun dalam kekuasaan(-Nya). Dia telah menciptakan segala sesuatu, lalu menetapkan ukuran-ukurannya dengan tepat.”

► Al-Quran Surat Yunus [10]:5

هُوَ الَّذِي جَعَلَ الشَّمْسُ ضِيَاءً وَالْقَمَرَ نُورًا وَقَدَرَهُ مَنَازِلَ لِتَعْلَمُوا عَدَدَ
السِّنِينَ وَالْحِسَابِ مَا خَلَقَ اللَّهُ ذَلِكَ إِلَّا بِالْحَقِّ يُفَصِّلُ الْآيَاتِ لِقَوْمٍ
يَعْلَمُونَ

Artinya: “Dialah yang menjadikan matahari bersinar dan bulan bercahaya. Dialah pula yang menetapkan tempat-tempat orbitnya agar kamu mengetahui bilangan tahun dan perhitungan (waktu). Allah tidak menciptakan demikian itu, kecuali dengan benar. Dia menjelaskan tanda-tanda (kebesaran-Nya) kepada kaum yang mengetahui.”

► Al-Quran Surat Al-A`raf [7]:31

يَبْنِيْ اٰدَمَ خُذُوْا زِيْنَتَكُمْ عِنْدَ كُلِّ مَسْجِدٍ وَكُلُوْا وَاشْرَبُوْا وَلَا تُسْرِفُوْا
اِنَّهٗ لَا يُحِبُّ الْمُسْرِفِيْنَ

Artinya: “Wahai anak cucu Adam, pakailah pakaianmu yang indah pada setiap (memasuki) masjid dan makan serta minumlah, tetapi janganlah berlebihan. Sesungguhnya Dia tidak menyukai orang-orang yang berlebihan.”

D. TAHUKAH KAMU

Hukum-hukum dasar kimia (seperti Hukum Kekekalan Massa, Hukum Perbandingan Tetap, Hukum Perbandingan Berganda, Hukum Perbandingan Volume dan Hipotesis Avogadro) tampak sederhana, tetapi menyimpan banyak hal menarik untuk ditelaah, baik dari segi konsep, sejarah, maupun penerapannya. Semua hukum dasar kimia menunjukkan bahwa alam berjalan dengan ketetapan (sunnatullah).

Allah berfirman dalam Al-Qur'an surat Al-Mulk: ayat 3

الَّذِي خَلَقَ سَبْعَ سَمَوَاتٍ طِبَاقًا مَا تَرَى فِي خَلْقِ الرَّحْمَنِ مِنْ تَفْوُتٍ
فَارْجِعِ الْبَصَرَ هَلْ تَرَى مِنْ فُطُورٍ

Artinya: “(Dia juga) yang menciptakan tujuh langit berlapis-lapis. Kamu tidak akan melihat pada ciptaan Tuhan Yang Maha Pengasih ketidakseimbangan sedikit pun. Maka, lihatlah sekali lagi! Adakah kamu melihat suatu cela?”

Ayat ini menunjukkan **keteraturan dan keseimbangan**, sejalan dengan hukum-hukum dasar kimia yang menjaga keteraturan materi di alam.

Konsep mol dalam kimia sebenarnya mencerminkan **keteraturan, keseimbangan, dan ketetapan jumlah dalam ciptaan Allah**, hal yang banyak ditegaskan dalam Al-Qur'an. Perhitungan banyaknya pereaksi yang diperlukan atau hasil reaksi yang akan diperoleh dilakukan berdasarkan koefisien reaksi persamaan reaksi setara.

E. TADABBUR

Tahukah kamu, apa kaitannya ayat-ayat Al-Quran di atas dengan konsep mol dan pereaksi pembatas?

Al-Qur'an merupakan mukjizat bagi Nabi Muhammad dan petunjuk bagi umat manusia. Dalam Al-Qur'an banyak ayat-ayat yang menceritakan kemukjizatan sains yang menunjukkan tanda-tanda kekuasaan Allah di langit dan di Bumi.

Surat Al-Qamar ayat 49 menunjukkan bahwa **segala sesuatu diciptakan dengan ukuran dan takaran tertentu**, sebagaimana ditemukan dari hasil penyelidikan ahli kimia setiap zat memiliki jumlah dan perbandingan tetap antar partikelnya. **Mol** adalah satuan untuk **mengukur jumlah partikel (atom, molekul, atau ion)** secara pasti: $1 \text{ mol} = 6,022 \times 10^{23}$ partikel (bilangan Avogadro). Allah menetapkan keseimbangan jumlah partikel dalam setiap reaksi, sejalan dengan hukum stoikiometri.

Surat Ar-Rahman ayat 7-9 menunjukkan konsep mol membantu menjaga **keseimbangan massa dan energi** dalam reaksi kimia, sebagaimana Allah menetapkan keseimbangan dalam alam semesta. Dalam **perhitungan kimia (stoikiometri)**, keseimbangan reaksi dan perbandingan mol harus **tepat dan adil**. Jika jumlah mol salah (berlebih atau kurang), reaksi menjadi tidak seimbang, sama halnya dengan “melanggar keseimbangan” yang disebut dalam ayat ini.

Surat Al-Furqan ayat 2 menunjukkan **ketetapan (taqdīr)** yang sangat presisi, sesuai dengan sifat Allah yang Maha Teliti dan Maha Mengatur. Dalam setiap zat, jumlah partikel per satuan mol sudah **ditetapkan ($6,022 \times 10^{23}$)** bukan angka acak, tapi konstan.

Surat Yunus ayat 5 menegaskan bahwa **perhitungan dan ketetapan jumlah** adalah bagian dari sistem ciptaan Allah. Dalam kimia, **mol adalah cara manusia “menghitung ciptaan Allah”** pada tingkat mikroskopis, menghitung atom dan molekul yang tidak terlihat, tetapi nyata keberadaannya.

Surat Al-A`raf ayat 31 memberi makna, dalam reaksi kimia maupun kehidupan, **penggunaan zat atau sumber daya secara efisien** mencerminkan keseimbangan dan tanggung jawab terhadap ciptaan Allah.

MASALAH KONTEKSTUAL



Kasus 1. (Seberapa banyak zat yang kita gunakan sehari-hari)

Di sebuah pabrik roti tradisional, setiap hari digunakan sekitar **10 kg tepung terigu** untuk membuat roti, dan 180 gram glukosa untuk satu kali produksi. Proses pemanggangan roti memerlukan reaksi antara **glukosa (yang ada dalam adonan tepung yang sudah difermentasi oleh ragi)** dan oksigen (O_2) untuk menghasilkan gas **karbon dioksida (CO_2)** yang membuat adonan mengembang, serta air (H_2O).

Reaksi sederhananya adalah: $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O$

Kasus 2. (Membuat Balon Hidrogen yang Gagal Mengembang)

Murid kelas XI melakukan percobaan menghasilkan gas hidrogen dengan mereaksikan logam seng (Zn) dan larutan asam klorida (HCl) untuk mengisi balon kecil.

Content is no longer available

Mereka menyiapkan dua campuran berbeda:

- **Campuran A:** 5 gram Zn + 100 mL larutan HCl 1 M
- **Campuran B:** 10 gram Zn + 100 mL larutan HCl 1 M

Setelah reaksi berlangsung, ternyata:

- Pada **Campuran A**, balon terisi penuh gas hidrogen.
- Pada **Campuran B**, balon hanya mengembang sedikit walaupun seng masih tersisa di dasar wadah.

Guru meminta murid untuk mencari tau “Mengapa pada campuran B balon tidak mengembang sempurna, padahal jumlah logam seng lebih banyak?”

EKSPLORASI

4.1 KONSEP MOL

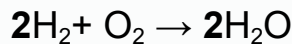
Dalam kehidupan sehari-hari kita sering menggunakan satuan jumlah benda untuk mempermudah perhitungan. Satuan jumlah yang kita gunakan bisa satuan jumlah, satuan massa atau satuan volume sesuai dengan kondisi atau kegiatan yang kita lakukan. Dalam ilmu kimia satuan yang digunakan dalam perhitungan adalah mol.

Semua reaksi kimia merupakan penataan ulang atom-atom yang terlibat dalam reaksi. Pada bab sebelumnya kita sudah mempelajari teori atom Dalton yang mendasari konsep persamaan reaksi. Selama terjadi reaksi kimia biasa atom-atom ini tidak berubah. Senyawa terbentuk dengan menggabungkan atom-atom dari unsur-unsur yang berbeda dengan perbandingan tertentu dan sederhana.

Berhitung dengan menggunakan satuan mol lebih memudahkan para ahli kimia. Konsep mol ini sangat penting dalam ilmu kimia, karena berguna dalam menentukan jumlah partikel, jumlah massa, atau jumlah volume zat pada keadaan standar atau volume zat pada keadaan tertentu.

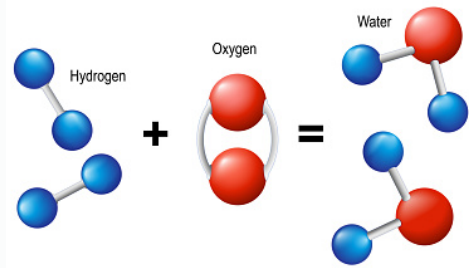
a. Hubungan Mol dengan Jumlah Partikel

Jika kita mengamati reaksi pembentukan air:



Interpretasi dari persamaan reaksi ini adalah 2 molekul gas Hidrogen (H_2) bereaksi dengan 1 molekul gas oksigen (O_2) membentuk 2 molekul air (H_2O).

Ukuran molekul sangat kecil, sehingga mustahil kita mereaksikan dalam ukuran molekul.



Gambar 4.1 Reaksi antara gas Hidrogen dan Oksigen

Untuk itu ahli kimia bersepakat menggunakan bilangan khas, yang disebut dengan bilangan Avogadro (diambil dari nama ahli kimia Italia, Amadeo Avogadro). Mol adalah satuan untuk menunjukkan jumlah partikel. Satu mol zat didefinisikan sebagai jumlah zat yang mengandung partikel sebanyak atom yang terdapat dalam 12 gram atom. Partikel dapat berupa atom, molekul atau ion.

$$\text{Bilangan Avogadro (L)} = 6,02 \times 10^{23}$$

Setiap zat yang mengandung $6,02 \times 10^{23}$ atom atau molekul atau ion disebut 1 mol.

Dari asumsi ini maka kita dapat menyimpulkan hubungan antara jumlah partikel dengan mol.

$$\text{Jumlah Partikel} = \text{mol} \times L$$

$$\text{mol} = \frac{\text{Jumlah partikel}}{L}$$

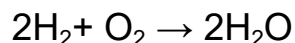
L = Bilangan Avogadro = $6,02 \times 10^{23}$ partikel

Contoh: berapa jumlah partikel dalam 4 mol besi?

Jumlah partikel = $4 \times 6,02 \times 10^{23}$ atom = $24,08 \times 10^{23}$ atom

b. Hubungan Mol dengan Massa

Interpretasi data pada reaksi pembentukan air:



menjadi: 2 mol gas Hidrogen (H_2) bereaksi dengan 1 mol gas oksigen (O_2) membentuk 2 mol air (H_2O).

Massa setiap 1 mol unsur atau senyawa sama dengan harga A_r (unsur) atau M_r (senyawa) dalam satuan gram.

Reaksi pembentukan air dapat juga kita interpretasikan: 4 gram H_2 (2 mol x $M_r \text{ H}_2$) bereaksi dengan 32 g O_2 (1 mol x $M_r \text{ O}_2$) membentuk 36 gram air (2 mol x $M_r \text{ H}_2\text{O}$), jadi:

- 1 mol zat : •terdiri dari $6,02 \times 10^{23}$ partikel
- Massanya sama dengan A_r atau M_r dalam satuan gram

Hubungan antara mol dan massa dapat dirumuskan, sebagai berikut:

Untuk Unsur (Atom)	$\text{Mol} = \frac{\text{massa (g)}}{A_r}$	$\text{Massa (g)} = \text{mol} \times A_r$	$A_r = \frac{\text{massa (g)}}{\text{mol}}$
Untuk Senyawa (Molekul)	$\text{Mol} = \frac{\text{massa (g)}}{M_r}$	$\text{Massa (g)} = \text{mol} \times M_r$	$M_r = \frac{\text{massa (g)}}{\text{mol}}$

Contoh:

Berapa g massa 5 mol $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$? ($A_r \text{ Al} = 27$; $S = 32$; $O = 16$)

$$\begin{aligned} M_r \text{ Al}_2(\text{SO}_4)_3 &= (2 \times A_r \text{ Al}) + (3 \times A_r \text{ S}) + (12 \times A_r \text{ O}) \\ &= (2 \times 27) + (3 \times 32) + (12 \times 16) \\ &= 54 + 96 + 192 \\ &= 342 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa 5 mol Al}_2(\text{SO}_4)_3 &= 5 \times M_r \text{ Al}_2(\text{SO}_4)_3 \\ &= 5 \times 342 \\ &= 1710 \text{ g} \end{aligned}$$

c. Hubungan Mol dengan Volume

Volume adalah besar ruang yang ditempati zat, diberi simbol V dan satuan L atau m^3 . Berdasarkan percobaan diketahui bahwa 1 L gas O_2 diukur pada suhu $0^\circ C$ dan tekanan 76 cmHg (1 atm) mempunyai massa sebesar 1,429 gram.

Dari perhitungan mol maka:

$$\text{Mol } O_2 = \frac{\text{massa } O_2}{M_r O_2} = \frac{1,429 \text{ g}}{32} = 0,04466 \text{ mol}$$

Berarti, 1 L O_2 mengandung 0,04466 mol O_2

$$\text{Jadi 1 mol } O_2 \text{ mempunyai volume} = \frac{1}{0,04466 \text{ mol}} \times 1 \text{ L} = 22,4 \text{ L/mol}$$

Sesuai hukum Avogadro gas yang mempunyai volume sama akan mengandung jumlah molekul yang sama pada suhu dan tekanan sama. Jadi, setiap 1 mol gas yang diukur pada keadaan suhu $0^\circ C$ dan tekanan 1 atm dinamakan keadaan standar atau standard temperature and pressure (STP).

Pada **keadaan STP**, setiap gas akan memiliki volume molar yang sama yaitu **22,4 L**. **Volume molar adalah volume dari 1 mol zat dan diberi simbol V_m** .

Hubungan antara mol dan volume dapat dirumuskan:

$$V = \text{mol} \times V_m = \text{mol} \times 22,4 \text{ L}$$

$$\text{Mol} = \frac{V}{V_m}$$

Contoh: Volume 2 mol gas pada STP adalah = $2 \times 22,4 \text{ L} = 44,8 \text{ L}$

Volume gas pada keadaan tertentu (bukan keadaan standar) mengacu pada rumus gas ideal.

$$PV = nRT$$

P = Tekanan gas (atm)

V = Volume gas (L)

n = jumlah mol gas (mol)

R = tetapan gas = $0,082 \text{ L atm/mol } ^\circ K$

T = suhu ($^\circ K$)

Contoh soal:

Sebuah gas menempati volume 10,0 L pada tekanan 2,00 atm dan suhu 100 °C. Berapa banyak mol gas itu? (pakai $R=0,08205 \text{ L.atm/mol.K}$)

Penyelesaian:

Ubah $T=100+273=373 \text{ K}$

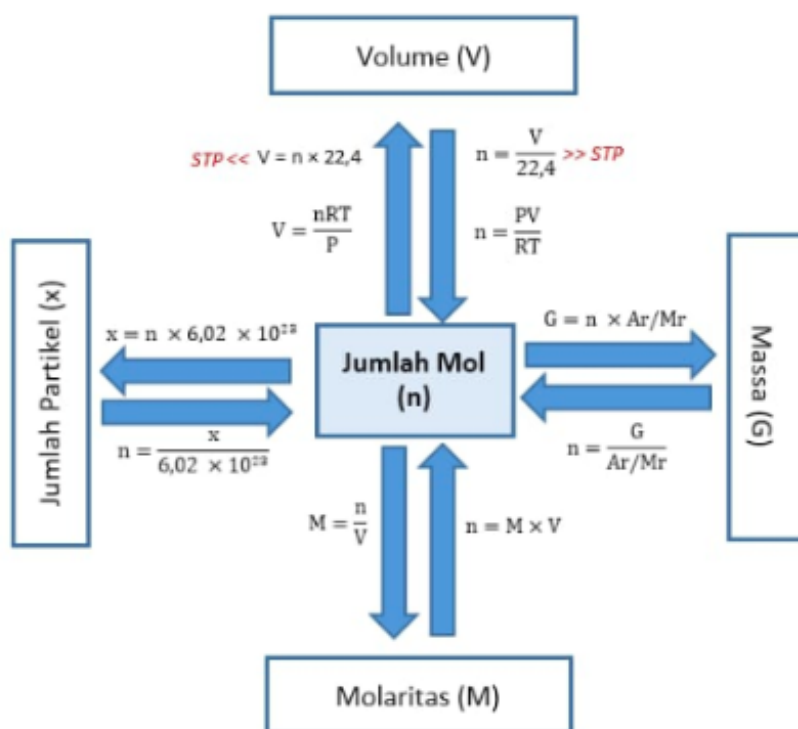
Gunakan: $P.V = n.R.T$ maka $n = P.V/R.T$

Hitung langkah-perlangkah:

- $P \times V = 2,00 \times 10,0 = 20,0 \text{ atm.L}$
- $R \times T = 0,08205 \times 373 = 0,08205 \times 373 = 30,60465 \text{ atm.L/mol}$
- $n = 20/30,60465 = 0,653495 \text{ mol}$

Banyaknya mol gas = 0,653 mol

Hubungan antara mol, dengan jumlah partikel, massa dan volume dapat digambarkan melalui persamaan dan dapat dihubungkan menggunakan jembatan mol sebagai berikut:



Gambar 4.2 Jembatan Mol

Contoh soal:

Diberikan 5,00 g CO₂. Hitung volume gas CO₂ pada STP. (Masa molar CO₂ = 44 g/mol; 1 mol = 22,4 L di STP)

Penyelesaian:

1. Hitung mol

$$n = \frac{m}{Mr} = \frac{5,00g}{44,01g/mol} = 0,11362mol$$

2. Volume pada keadaan Standar (STP)

$$V = n \times 22,4 \text{ L/mol} = 0,11362 \text{ mol} \times 22,4 \text{ l/mol} = 2,54464 \text{ L}$$

Pembulatan = 2,54 L

Catatan Konsep Singkat

- Pada STP (0 °C, 1 atm) sering dipakai aproksimasi 1 mol=22,4 L/mol. 1mol=22,4 L
- Untuk kondisi umum gunakan persamaan gas ideal PV=nRT. Pastikan satuan konsisten: P dalam atm, V dalam L, T dalam K, R=0,08205
- Jika tekanan satuannya bukan atm, gunakan nilai R yang sesuai atau konversi tekanannya.

d. Mol dalam Reaksi Kimia

Semua reaksi kimia merupakan penataan ulang atom-atom yang terlibat dalam reaksi. Massa zat sebelum dan sesudah reaksi sama. Tidak ada atom yang hilang atau muncul, hanya berpindah atau bergabung membentuk zat baru. Persamaan reaksi menyatakan reaksi kimia dalam bentuk lambang. Jenis dan jumlah atom sebelum dan sesudah reaksi sama. Untuk menyamakan jumlah atom sebelum dan sesudah reaksi digunakan angka koefisien reaksi, yaitu angka yang terletak didepan rumus kimia zat pada permaan reaksi. Reaksi yang jenis dan jumlah atom sebelum dan sesudah reaksi sama disebut reaksi setara.

Menyetarakan suatu reaksi dapat dilakukan dengan cara menebak langsung atau dengan cara menggunakan persamaan matematika.

Menyetarakan Persamaan Reaksi

Cara 1. Menebak langsung

Langkah 1. Tuliskan reaksi kimia belum setara

Contoh: $\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}$

Langkah 2. Hitung jumlah atom tiap unsur di kiri dan kanan

Unsur	Reaktan (kiri)	Produk (kanan)
H	2	2
O	2	1

Tampak bahwa jumlah atom O belum sama.

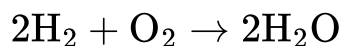
Langkah 3. Setarakan atom yang jumlahnya belum sama

Karena di kanan hanya ada 1 atom O, maka dikalikan 2 pada molekul air: $\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$

Sekarang hitung lagi:

Unsur	Kiri	Kanan
H	2	4
O	2	2

Hidrogen belum setara, jadi beri koefisien 2 di depan H_2 :



Unsur	Kiri	Kanan
H	4	4
O	2	2

✓ Sudah setara!

Langkah 4. Pastikan semua koefisien dalam bilangan bulat terkecil

Jika ada pecahan, kalikan semua koefisien agar menjadi bilangan bulat.

Langkah 5. Periksa kembali

Pastikan jumlah atom tiap unsur sama di kiri dan kanan.

Tips Penting

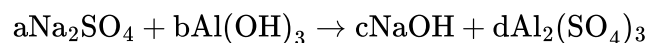
1. Setarakan unsur yang muncul paling sedikit jenisnya lebih dulu.
(Biasanya logam atau unsur yang hanya muncul di satu senyawa kiri-kanan)
2. Tunda menyetarakan unsur H dan O jika muncul di banyak tempat.
3. Gunakan koefisien, bukan indeks!
 - Indeks = bagian dari rumus zat, tidak boleh diubah.
 - Koefisien = angka di depan rumus zat.a

Cara 2. Menggunakan Persamaan Matematika

Langkah 1. Tuliskan reaksi kimia belum setara

Contoh: $\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{Al}(\text{OH})_3 \rightarrow \text{NaOH} + \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$

Kita beri koefisien huruf



Langkah 2. Buat persamaan jumlah atom tiap unsur

Unsur	Kiri	Kanan	Persamaan
Na	2a	c	$2a=c$
S	a	3d	$a=3d$
O	$4a + 3b$	$c + 12d$	$4a+3b=c+12d$
Al	b	2d	$b=2d$
H	3b	c	$3b=c$

Langkah 3. Selesaikan sistem persamaan

Dari $b=2d$, maka $b=2d$.

Dari $a=3d$, maka $a=3d$.

Dari $2a=c$, maka $c=2a=6d$

Sekarang kita cek persamaan oksigen dan hidrogen untuk memastikan:

Oksigen: $4a+3b=c+12d$

Substitusi $a=3d$, $b=2d$, $c=6d$:

$4(3d)+3(2d)=6d+12d$

$\Rightarrow 12d+6d=18d$

✓ Seimbang.

Hidrogen:

$$3b=c \Rightarrow 3(2d)=6d$$

$$6d=6d$$

✓ Juga benar.

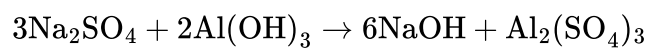
Langkah 4. Pilih nilai bilangan bulat terkecil

Ambil $d=1$

Maka:

$$a=3 ; b=2 ; c=6 ; d=1$$

Langkah 5. Tulis kembali reaksi setara



Langkah 6. Cek kesetaraan atom

Unsur	Kiri	Kanan
Na	6	6
S	3	3
O	12 + 6	18
Al	2	2
H	6	6

✓ Semua unsur seimbang.

Koefisien reaksi merupakan jumlah partikel zat dalam bentuk perbandingan dengan zat lainnya. Maka, koefisien reaksi juga merupakan perbandingan mol zat dalam reaksi.

Langkah menyelesaikan penghitungan dalam reaksi kimia:

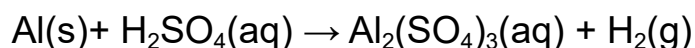
1. Tuliskan persamaan reaksi dan setarakan dengan koefisien.
2. Ubah semua kuantitas ke mol.
3. Cari mol zat yang ditanya dengan perbandingan koefisien.

$$\text{Mol zat yang ditanya} = \frac{\text{koefisien zat yang ditanya}}{\text{koefisien zat yang diketahui molnya}} \times \text{mol zat yang diketahui}$$

4. Ubah mol zat yang ditanya sesuai pertanyaan/sesuaikan jawaban dengan pertanyaan

Contoh:

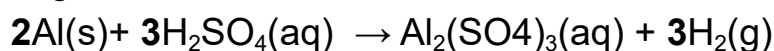
Sebanyak 5,4 gram logam Aluminium direaksikan dengan larutan asam sulfat (H_2SO_4) sesuai reaksi:



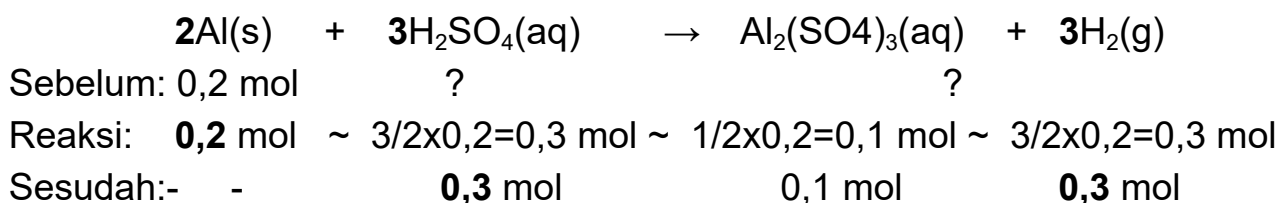
- a. Berapa massa H_2SO_4 yang diperlukan? ($A_r \text{ Al} = 27$; $\text{H} = 1$; $\text{S} = 32$; $\text{O} = 16$)
- b. Berapa volume gas Hidrogen yang dihasilkan, jika diukur pada keadaan standar?

Penyelesaian:

Persamaan reaksi yang telah disetarakan:



Jumlah mol Al = massa Al / $A_r \text{ Al}$ = $5,4 \text{ g} / 27 = 0,2 \text{ mol}$



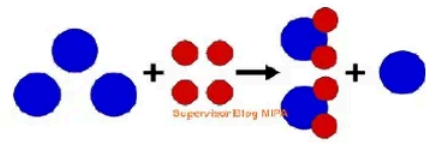
a. Massa H_2SO_4 yang diperlukan = $0,3 \text{ mol} \times M_r \text{H}_2\text{SO}_4$

$$\begin{aligned} &= 0,3 \times [(2 \times A_r \text{H}) + (1 \times A_r \text{S}) + (4 \times A_r \text{O})] \\ &= 0,3 \times [(2 \times 1) + (1 \times 32) + (4 \times 16)] \\ &= 0,3 \times (2 + 32 + 64) \\ &= 0,3 \times 98 \\ &= \mathbf{29,4 \text{ g}} \end{aligned}$$

b. Volume gas H_2 yang dihasilkan (STP) = $0,3 \text{ mol} \times 22,4 \text{ L/mol} = \mathbf{6,72 \text{ L}}$

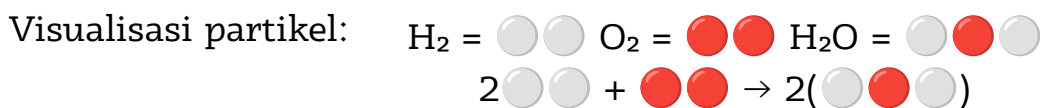
4.2 PEREAKSI PEMBATAS

Sebelumnya kita sudah mempelajari perhitungan reaksi kimia berdasarkan penggunaan konsep mol dan angka koefien reaksi. Jika kita mereaksikan zat A dan B untuk menghasilkan zat C dan D, bagaimana kita mengetahui bahwa reaksi tersebut menyisakan zat tertentu? Jika dua bahan kita campur, bahan manakah yang menentukan seberapa banyak produk terbentuk?



Gambarr 4.3 Visualisasi pereaksi pembetas

Jika jumlah yang kita tambahkan lebih banyak dari jumlah zat yang bereaksi, reaktan tersisa. **Yang menjadi acuan untuk menghitung jumlah zat yang bereaksi adalah jumlah zat yang habis bereaksi.** Pereaksi pembatas adalah pereaksi yang habis lebih dulu dan menentukan jumlah produk maksimal. Pereaksi berlebih: masih tersisa setelah reaksi selesai. Ayo kita amati reaksi berikut!



Simulasi:

Jika ada 5 molekul H_2 dan 3 molekul O_2 :

- Rasio ideal 2 : 1 $\rightarrow$ butuh 2 H_2 per 1 O_2
- Untuk 5 H_2 , butuh 2,5 O_2 .
- Karena ada 3 O_2 , maka masih ada tersisa $\rightarrow \text{H}_2$ pembatas. Produk terbentuk = 5 molekul H_2O , sisa $\text{O}_2 = 0,5$ molekul (simbolik).

Langkah menentukan pereaksi pembatas:

1. Tuliskan persamaan reaksi dan setarakan dengan koefisien.
2. Ubah semua kuantitas ke mol.
3. Gunakan koefisien stoikiometri untuk menentukan berapa mol produk yang dapat dibuat dari setiap pereaksi jika semuanya habis?
4. Pereaksi yang menghasilkan jumlah produk paling sedikit adalah pereaksi pembatas.
5. Hitung produk yang sebenarnya terbentuk (berdasarkan pereaksi pembatas) dan sisa pereaksi lainnya.

DISKUSI

Setelah membaca dan memahami eksplorasi konsep, selanjutnya temukan solusi untuk menjawab 2 kasus pada bagian masalah kontekstual!

Kasus 1.

1. Hitunglah jumlah mol glukosa yang digunakan dalam satu kali produksi roti.
2. Berdasarkan reaksi di atas, berapa mol gas karbon dioksida yang dihasilkan dari pembakaran sempurna glukosa tersebut?
3. Jika gas karbon dioksida yang dihasilkan dialirkan ke udara terbuka setiap hari, apa dampaknya terhadap lingkungan dalam jangka panjang? Kaitkan dengan konsep keseimbangan alam.
4. Menurut pendapatmu, bagaimana seharusnya pabrik tersebut mengelola emisi CO_2 agar selaras dengan prinsip tanggung jawab terhadap alam (berdasarkan nilai spiritual atau etika lingkungan dalam Islam)?

Kasus 2.

1. Tentukan persamaan reaksi kimia antara Zn dan HCl.
2. Hitung mol masing-masing pereaksi pada campuran A dan B.
3. Tentukan pereaksi pembatas (limiting reagent) pada kedua campuran.
4. Jelaskan mengapa gas hidrogen tidak terbentuk maksimal pada campuran B.
5. Kaitkan pembuatan campuran B dengan nilai efisiensi dan tidak berlebih-lebihan (israf) dalam Islam.

Muhasabah

- Setelah mempelajari konsep mol dan ayat-ayat Al-Qur'an, apa yang kamu rasakan tentang hubungan antara ilmu kimia dan keimanan? Renungkan dan tuliskan pendapatmu.
- Tuliskan pengalaman dan pemahaman yang kamu dapat dari kasus 2 terkait dengan pencemaran udara, efisiensi energi dan tanggung jawab lingkungan serta keseimbangan alam ciptaan Allah yang harus dijaga!

F. RANGKUMAN

Konsep mol tidak hanya penting dalam ilmu kimia, tetapi juga menjadi jendela untuk memahami **keteraturan dan keseimbangan ciptaan Allah**. Melalui konsep mol ini, manusia belajar bahwa **setiap partikel di alam semesta telah ditetapkan ukurannya dengan sempurna**, sehingga ilmu dan iman saling melengkapi dalam menyingkap kebesaran Sang Pencipta.

1 mol = $6,022 \times 10^{23}$ partikel (bilangan Avogadro). Satu mol zat setara dengan jumlah partikel yang terdapat dalam 12 gram karbon-12, ^[186]
Konsep ini memudahkan perhitungan hubungan antara massa, volume, dan jumlah partikel dalam reaksi kimia.

Konsep mol menggambarkan **ketepatan dan keteraturan jumlah** pada tingkat mikroskopis. Tidak ada ketidakseimbangan atau keacakan, semua tunduk pada hukum matematis yang pasti.

G. LATIHAN

Jawablah soal--soal Berikut dengan Cermat dan Teliti!

1. Berapakah mol atom karbon dalam 12 g C?
2. Berapa jumlah molekul air dalam 0,5 mol H₂O?
3. Dalam 10 L gas oksigen di STP, berapa jumlah atom oksigen?
4. Sebanyak 8 mol logam Besi direaksikan dengan gas Oksigen O₂ sesuai reaksi: $\text{Fe(s)} + \text{O}_2\text{(g)} \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3\text{(s)}$ Berapa mol O₂ yang diperlukan?
Berapa massa Fe₂O₃ yang dihasilkan? ($A_r \text{ Fe} = 56; \text{O} = 16$)
5. Seorang nelayan menggunakan oksidator A untuk memproses 2,50 mol bahan B. Reaksinya ($\text{A} + 2\text{B} \rightarrow \text{C}$). Jika tersedia 1,00 mol A dan 2,50 mol B, tentukan pembatas, dan mol C yang terbentuk, serta sisa B.

H. ASESMEN

Jawablah pertanyaan berikut dengan benar!

1. Bagaimana konsep mol menunjukkan adanya keteraturan dalam ciptaan Allah?
2. Apa hubungan antara perhitungan stoikiometri dan keseimbangan (mīzān) dalam Al-Qur'an?
3. Mengapa seorang ilmuwan muslim perlu memahami konsep mol dengan rasa keimanan, bukan hanya logika?
4. Bagaimana penerapan prinsip efisiensi dalam konsep mol dapat mencerminkan ajaran Islam untuk tidak berlebih-lebihan (isrāf)?
5. Apa akibatnya jika pereaksi tidak diukur dengan tepat?
6. $2\text{Al} + 3\text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{AlCl}_3$. Jika direaksikan 4,00 g Al dan 6,64 g Cl_2 . ($A_r \text{ Al} = 27 \text{ g/mol}$; $\text{Cl} = 35,5 \text{ g/mol}$. Tentukan pereaksi pembatas dan mol produk yang dihasilkan!
7. Bagaimana konsep pereaksi pembatas dapat diterapkan dalam industri untuk menghemat bahan baku?

I. Quotes Islami

menilai DIRI

**Waktu fajar adalah
kesempatan untuk menilai diri sendiri
tentang seberapa dekat kamu kepada Allah,
seberapa kamu mengharap surga?
Mampukah kamu meninggalkan tempat tidur
dan bergegas untuk shalat subuh?**

5

KIMIA dan PERUBAHAN IKLIM



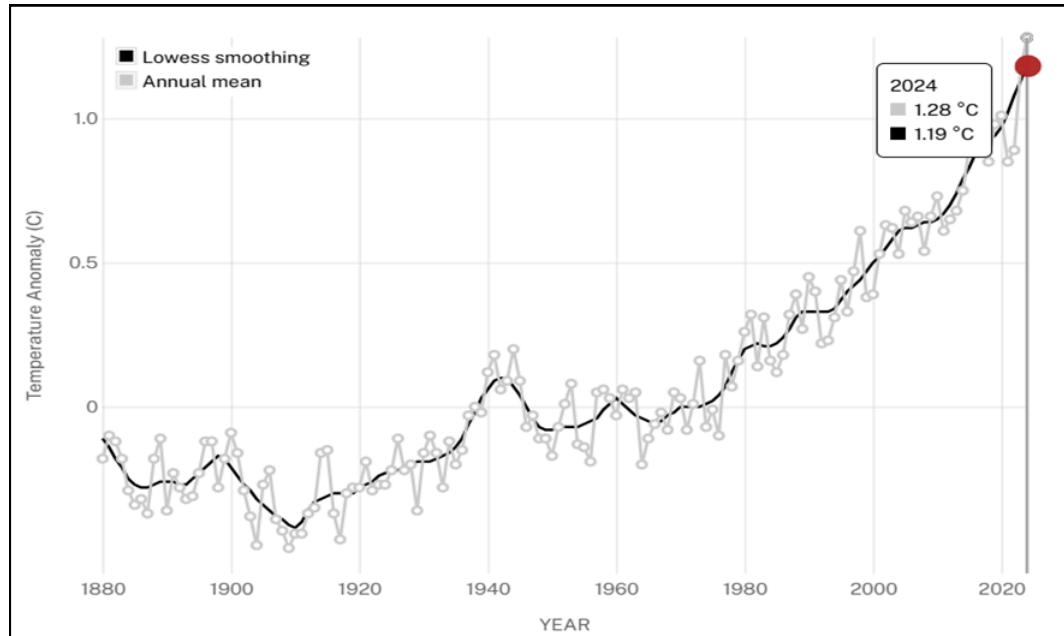
A. TUJUAN PEMBELAJARAN

Setelah mempelajari bab ini murid dapat:

1. Menganalisis fenomena pemanasan global dan kaitannya dengan ayat-ayat Al-Qur'an
2. Menerapkan konsep prinsip kimia hijau dalam pengelolaan lingkungan

B. PENGANTAR

Menurutmu, apakah aktivitas dan kebiasaan kita sehari-hari berdampak terhadap kondisi alam saat ini? Perhatikan grafik berikut!



Gambar 5.1 Grafik Perubahan Suhu Permukaan Global

sumber: <https://science.nasa.gov/earth/explore/earth-indicators/global-temperature/>

Menurut *National Aeronautics and Space Administration* (NASA), suhu permukaan bumi selama 12 bulan terakhir, yaitu antara September 2023 dan Agustus 2024, meningkat 1,64 °C dibandingkan suhu rata-rata tahunan selama periode 1951-1980. Kenaikan suhu ini disebabkan oleh aktivitas manusia yang terus-menerus melepaskan gas rumah kaca dalam jumlah besar serta meningkatnya kadar polusi karbon dioksida (CO₂) di atmosfer.

Perubahan iklim merupakan salah satu tantangan terbesar yang dihadapi manusia pada abad ke-21. Secara kimiawi, perubahan iklim terjadi akibat meningkatnya konsentrasi gas-gas rumah kaca di atmosfer, seperti karbon dioksida (CO₂), metana (CH₄), dan dinitrogen oksida (N₂O). Ilmu kimia berperan penting dalam menjelaskan bagaimana molekul-molekul gas tersebut dapat menyerap dan memantulkan energi panas (inframerah) dari permukaan bumi, sehingga menyebabkan peningkatan suhu global. Fenomena ini menjadi salah satu tantangan terbesar bagi keberlanjutan lingkungan dan kehidupan manusia. Lantas, apa yang dapat kita lakukan?

C. AYAT AL-QURAN

► Al-Qur'an Surat Ar-Rum [30]:41

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ
الَّذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ

Artinya: “Telah tampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan perbuatan tangan manusia. (Melalui hal itu) Allah membuat mereka merasakan sebagian dari (akibat) perbuatan mereka agar mereka kembali (ke jalan yang benar).”

► Al-Qur'an Surat Al-Baqarah [2]:205

وَإِذَا تَوَلَّى سَعَى فِي الْأَرْضِ لِيُفْسِدَ فِيهَا وَيُهْلِكَ الْحَرْثَ وَالنَّسْلَ ۗ وَاللَّهُ لَا يُحِبُّ الْفُسَادَ

Artinya: “Apabila berpaling (dari engkau atau berkuasa), dia berusaha untuk berbuat kerusakan di bumi serta merusak tanam-tanaman dan ternak. Allah tidak menyukai kerusakan.”

► Al-Qur'an Surat Al-Hadid [57]:4

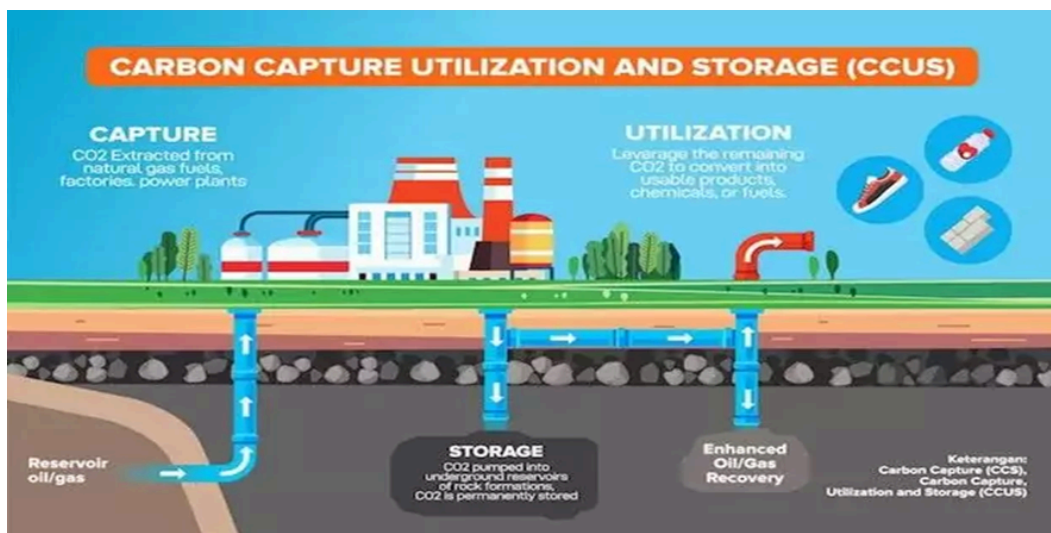
هُوَ الَّذِي خَلَقَ السَّمُوتِ وَالْأَرْضَ فِي سِتَّةِ أَيَّامٍ ثُمَّ اسْتَوَى عَلَى
الْعَرْشِ يَعْلَمُ مَا يَلْجُ فِي الْأَرْضِ وَمَا يَخْرُجُ مِنْهَا وَمَا يَنْزِلُ مِنَ
السَّمَاءِ وَمَا يَعْرُجُ فِيهَا وَهُوَ مَعَكُمْ أَيْنَ مَا كُنْتُمْ وَاللَّهُ بِمَا تَعْمَلُونَ
بَصِيرٌ

Artinya: “Dialah yang menciptakan langit dan bumi dalam enam masa. Kemudian, Dia berkuasa atas ‘Arasy. Dia mengetahui apa yang masuk ke dalam bumi dan apa yang keluar darinya serta apa yang turun dari langit dan apa yang naik ke sana. Dia bersamamu di mana saja kamu berada. Allah Maha Melihat apa yang kamu kerjakan.”

D. TAHUKAH KAMU

Kajian kimia molekuler, diketahui bahwa struktur ikatan kovalen dalam gas rumah kaca memungkinkan terjadinya getaran molekul yang efektif dalam menyerap energi panas. Selain itu, kimia atmosfer membantu memahami berbagai reaksi yang terjadi di udara dan memengaruhi komposisi atmosfer bumi. Reaksi fotokimia yang melibatkan radikal bebas seperti $\bullet\text{OH}$ berperan dalam pembentukan ozon (O_3) di troposfer, yang merupakan polutan penyebab smog. Namun, di lapisan stratosfer, ozon justru penting karena melindungi bumi dari radiasi ultraviolet.

Dari sisi energi, kimia berperan dalam menjelaskan reaksi pembakaran bahan bakar fosil yang menghasilkan CO_2 . Reaksi sederhana seperti pembakaran metana ($\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$) menunjukkan bagaimana energi dilepaskan sekaligus menghasilkan gas yang berkontribusi pada efek rumah kaca, sehingga memperburuk efek pemanasan global. Oleh karena itu, konsep stoikiometri dan kimia energi digunakan untuk menghitung besarnya emisi karbon yang dihasilkan oleh kendaraan, industri, dan pembangkit listrik. Saat ini, riset kimia modern berfokus pada pengembangan teknologi penangkapan dan penyimpanan karbon (*Carbon Capture and Storage*, CCS) untuk mengurangi kadar CO_2 di atmosfer.



Gambar 5.2 Carbon Capture and Storage

Ilmu kimia juga berkembang ke arah kimia hijau (*green chemistry*), yaitu cabang kimia yang berfokus pada proses dan produk yang ramah lingkungan. Pendekatan ini meliputi penggunaan pelarut alami, pemanfaatan limbah menjadi bahan berguna, serta pengembangan energi bersih seperti sel bahan bakar hidrogen yang hanya menghasilkan air sebagai limbah. Prinsip kimia hijau mengajarkan bahwa setiap reaksi kimia harus mempertimbangkan dampaknya terhadap lingkungan dan keberlanjutan sumber daya alam. Dengan demikian, ilmu kimia diharapkan tidak hanya menumbuhkan pengetahuan, tetapi juga kesadaran moral dan tanggung jawab ekologis untuk menjaga keseimbangan bumi sebagai amanah dari Sang Pencipta.

E. TADABBUR

Tahukah kamu, apa kaitannya ayat-ayat Al-Quran di atas dengan ilmu kimia dan perubahan iklim?

Surat Al-Hadid ayat 4 “yang masuk ke dalam bumi dan apa yang keluar darinya” memberi petunjuk adanya keseimbangan antara keduanya. Bumi menerima energi elektromagnetik dari matahari, yang kemudian berubah menjadi panas, angin, gelombang laut, dan mendukung pertumbuhan tumbuhan serta proses alam lainnya. Secara alamiah, energi yang diserap akan disesuaikan dengan energi yang diradiasikan kembali ke luar angkasa, sehingga terjadi keseimbangan energi.

Keseimbangan energi terganggu akibat berbagai aktivitas manusia seperti deforestasi dan pembakaran bahan bakar fosil yang berdampak pada meningkatnya kadar karbon dioksida (CO_2), kegiatan pertanian dan peternakan yang menghasilkan gas metana (CH_4) dan dinitrogen oksida (N_2O) dalam jumlah besar, serta peristiwa alam lainnya seperti letusan gunung berapi yang menghasilkan gas belerang dioksida (SO_2) dan gas lainnya. Gas-gas yang dihasilkan tersebut memberi efek seperti rumah kaca sehingga disebut efek rumah kaca. Gas rumah kaca menghambat/memerangkap radiasi matahari tetap berada di bumi sehingga tidak dapat dipantulkan kembali secara sempurna ke luar angkasa. Bila Bumi menerima lebih banyak energi daripada yang dipancarkannya, suhunya akan meningkat, sebaliknya jika memancarkan lebih banyak daripada yang diterimanya, maka suhunya akan menurun. Hal ini mengakibatkan terjadinya perubahan iklim dan memiliki efek yang menghancurkan ekosistem kita.

Apa yang dapat kita lakukan?

Sebagai siswa kita dapat berperan aktif dalam mengurangi efek rumah kaca dengan menerapkan prinsip kimia hijau. Kimia hijau adalah pendekatan dalam ilmu kimia yang bertujuan untuk mengurangi atau menghilangkan penggunaan dan pembentukan senyawa berbahaya. Ada 12 prinsip kimia hijau yaitu pencegahan limbah, desain atom ekonomi, sintesis bahan kimia yang lebih aman, desain produk kimia yang lebih aman, penggunaan pelarut dan bahan tambahan yang aman, efisiensi energi, penggunaan bahan baku terbarukan, mengurangi derivatisasi yang tidak perlu, katalisis, desain untuk degradasi, analisis real time untuk pencegahan polusi, kimia yang secara inheren lebih aman untuk mencegah kecelakaan. Kedua belas prinsip kimia hijau dapat kamu pelajari lebih lanjut pada bagian eksplorasi konsep.

MASALAH KONTEKSTUAL

Pencemaran Udara akibat Aktivitas Industri Migas di Aceh Timur

Masyarakat di beberapa gampong Di Kabupaten Aceh Timur, seperti Blang Nisam, Alue le Mirah, dan Suka Makmur hidup berdampingan dengan kawasan industri minyak dan gas milik PT Medco E&P Malaka. Awalnya, kehadiran industri ini membawa harapan besar, membuka lapangan kerja, memperbaiki ekonomi daerah, dan meningkatkan pembangunan. Namun, dalam beberapa tahun terakhir, warga mulai merasakan dampak negatif yang tak terduga .

Setiap malam, langit di sekitar kawasan industri tampak memerah akibat pembakaran gas sisa (flaring). Bau gas menyengat kerap terasa hingga ke rumah penduduk, bahkan menyebabkan pusing, sesak napas, dan iritasi mata bagi sebagian warga. Beberapa ternak mati mendadak, dan tanaman di kebun tidak tumbuh subur seperti biasanya.

Tim Wahana Lingkungan Hidup Indonesia (WALHI) Aceh melakukan investigasi dan menemukan bahwa kadar gas karbon dioksida (CO_2), metana (CH_4), dan hidrogen sulfida (H_2S) di udara sekitar area industri melebihi ambang batas normal. Gas-gas tersebut merupakan hasil reaksi kimia pembakaran yang tidak sempurna. Dalam jangka panjang, gas rumah kaca seperti CO_2 dan CH_4 dapat memperburuk pemanasan global dan perubahan iklim.

Sumber: <https://www.detik.com/sumut/berita/d-6508668/walhi-warga-aceh-timur-jadi-korban-pencemaran-udara-perusahaan-migas> (10 Jan 2023).

Mari bereksplorasi untuk mencari solusi alternatif yang tepat untuk mengatasi permasalahan di atas.

EKSPLORASI

Menurutmu, mana yang lebih baik “Mencegah terbentuknya limbah atau mengolah dan membersihkannya setelah limbah tersebut terbentuk”?



Gambar 5.3 Pencemaran Lingkungan

Perkembangan industri dan teknologi modern telah memberikan banyak manfaat bagi kehidupan manusia, namun di sisi lain juga menimbulkan berbagai permasalahan lingkungan seperti pencemaran udara, air, dan tanah akibat limbah kimia berbahaya. Upaya untuk menanggulangi dampak tersebut sering kali memerlukan biaya besar dan tidak selalu efektif karena dilakukan setelah pencemaran terjadi. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu pendekatan ilmiah yang lebih preventif, efisien, dan berkelanjutan dalam mengelola proses kimia. Pendekatan ini menekankan pentingnya merancang reaksi dan produk yang aman bagi manusia dan lingkungan, meminimalkan limbah, serta memanfaatkan sumber daya terbarukan. Paradigma baru inilah yang dikenal dengan istilah **kimia hijau** (*green chemistry*), yaitu cabang ilmu kimia yang berfokus pada inovasi teknologi ramah lingkungan untuk mewujudkan keberlanjutan hidup di bumi.

Hingga saat ini, pemahaman tentang kimia hijau masih terus berkembang, karena cabang ilmu ini merupakan disiplin baru yang mengalami kemajuan pesat. Kimia hijau memanfaatkan pengetahuan luas dalam bidang kimia untuk merancang produksi, penggunaan, dan pembuangan bahan kimia secara efisien, dengan tujuan mengurangi konsumsi sumber daya, paparan organisme hidup terhadap zat beracun, serta kerusakan lingkungan dan semuanya dilakukan dengan cara yang ekonomis dan efektif. Dengan demikian, kimia hijau dapat dikatakan sebagai praktik kimia yang paling efisien dan paling hemat biaya apabila semua faktor, termasuk potensi bahaya dan dampak lingkungan, diperhitungkan.

Kimia hijau merupakan bentuk kimia berkelanjutan (sustainable chemistry) yang memiliki tiga dimensi utama keberlanjutan:

1. **Ekonomi:** Pada tingkat penerapan yang maju, kimia hijau justru lebih murah secara ekonomi dibandingkan praktik kimia konvensional, bahkan tanpa memperhitungkan biaya lingkungan.
2. **Material:** Melalui efisiensi penggunaan bahan, daur ulang maksimal, dan pengurangan penggunaan bahan mentah baru, kimia hijau mendukung keberlanjutan sumber daya material.
3. **Limbah:** Dengan mengurangi hingga mungkin menghilangkan pembentukan limbah, kimia hijau menjaga keberlanjutan lingkungan melalui pencegahan pencemaran sejak awal proses

12 Prinsip Kimia Hijau

Paul T. Anastas dan John Warner pada tahun 1998 merumuskan dua belas prinsip kimia hijau sebagai pedoman global dalam pengembangan praktik kimia yang bertanggung jawab terhadap manusia dan lingkungan, terdiri dari:

1. Pencegahan Limbah (*Waste Prevention*)

Lebih baik mencegah terbentuknya limbah daripada mengolah atau membersihkannya setelah terbentuk. Limbah dapat dihasilkan dari berbagai tahap proses produksi mulai dari bahan baku, manufaktur, distribusi, penggunaan, hingga pembuangan. Dengan merancang proses yang efisien, limbah dapat dikurangi, dimanfaatkan kembali, atau dihilangkan sama sekali.

2. Efisiensi Atom (*Atom Economy*)

Metode sintesis harus dirancang agar semua atom dari bahan pereaksi terintegrasi ke dalam produk akhir. Reaksi ideal adalah yang menghasilkan sedikit atau tidak ada produk samping yang terbuang.

3. Sintesis yang Kurang Berbahaya (*Less Hazardous Chemical Synthesis*)

Proses sintesis harus menggunakan dan menghasilkan zat yang sedikit atau tidak beracun bagi manusia dan lingkungan.

4. Desain Produk yang Aman (*Designing Safer Chemicals*)

Produk kimia sebaiknya tetap efektif untuk tujuan penggunaannya, namun memiliki toksisitas minimal serta tidak mencemari lingkungan berbahaya.

5. Penggunaan Pelarut dan Zat Tambahan yang Aman (*Safer Solvents and Auxiliaries*)

Penggunaan pelarut, agen pemisah, atau bahan tambahan lainnya harus diminimalkan dan, bila diperlukan, diganti dengan bahan yang tidak berbahaya.

6. Efisiensi Energi (*Design for Energy Efficiency*)

Proses kimia harus menghemat energi, idealnya dilakukan pada suhu dan tekanan ruang. Reaksi biologis dan proses katalitik sering menjadi alternatif yang hemat energi.

7. Penggunaan Bahan Baku Terbarukan (*Use of Renewable Feedstocks*)

Sumber bahan baku sebaiknya berasal dari sumber daya yang dapat diperbarui (seperti biomassa), bukan dari sumber daya alam yang menipis seperti minyak bumi.

8. Pengurangan Derivatisasi (*Reduce Derivatives*)

Modifikasi sementara seperti blocking group atau protecting group perlu dihindari karena menghasilkan produk samping dan meningkatkan limbah.

9. Katalisis (*Catalysis*)

Penggunaan katalis lebih diutamakan dibanding reagen stoikiometrik karena lebih selektif, efisien, dan menghasilkan limbah lebih sedikit.

10. Desain untuk Degradasi (*Design for Degradation*)

Produk kimia harus dirancang agar mudah terurai menjadi senyawa tidak berbahaya setelah digunakan, dan tidak menumpuk di lingkungan.

11. Analisis Waktu Nyata untuk Pencegahan Pencemaran (*Real Time Analysis for Pollution Prevention*)

Teknik analisis harus memungkinkan pemantauan proses secara langsung untuk mencegah terbentuknya bahan berbahaya, bukan sekadar mendeteksinya setelah terjadi.

12. Kimia yang Secara Alami Lebih Aman (*Inherently Safer Chemistry for Accident Prevention*)

Proses dan bahan kimia harus dirancang agar meminimalkan risiko kebakaran, ledakan, tumpahan, atau kecelakaan lain yang berpotensi membahayakan manusia dan lingkungan.

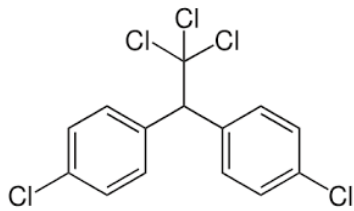
Contoh Penerapan Prinsip Kimia Hijau



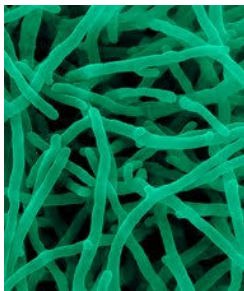
Gambar 5.4 Industri Pemutihan Kertas

Penerapan prinsip kimia hijau telah dilakukan diberbagai industri, sebagai contoh pada industri pemutihan kertas. Pemutihan kertas secara konvensional dengan klorin dioksida (ClO_2) menghasilkan jumlah polutan terklorinasi yang sangat tinggi. Banyak dari polutan tersebut bersifat sangat beracun dan berpotensi membahayakan lingkungan serta kesehatan manusia.

Teknologi alternatif untuk pemutihan kertas dilakukan dengan TAML/H₂O₂. Proses ini menggunakan reaksi katalitik alternatif dari H₂O₂ yang menghasilkan efek oksidasi yang setara dengan metode konvensional. Proses ini juga memerlukan suhu dan waktu yang lebih rendah, sehingga lebih efisien dan ramah lingkungan dibandingkan metode pemutihan menggunakan klorin dioksida.



Gambar 5.5 Struktur DDT



Gambar 5.6 Bakteri *Saccharopolyspora* s

Contoh lain dari penerapan prinsip kimia hijau dilakukan pada bidang pertanian. DDT (diklorodifeniltrikloroetana) secara tradisional digunakan secara luas dalam bidang pertanian untuk membasmi hama serta dalam pengendalian penyakit malaria. Namun, penggunaan senyawa ini menimbulkan masalah serius karena sifatnya yang beracun, persisten di lingkungan, dan dapat terakumulasi dalam jaringan makhluk hidup, sehingga berdampak negatif terhadap ekosistem dan kesehatan manusia.

Salah satu alternatif alami dalam pengendalian serangga adalah penggunaan Spinosad, senyawa insektisida yang dihasilkan oleh bakteri *Saccharopolyspora spinosa*. Bakteri ini pertama kali diisolasi dari sampel tanah di wilayah Karibia, tepatnya di sekitar pabrik gula. Spinosad bekerja secara selektif dengan menargetkan sistem saraf serangga, sehingga efektif membasmi hama tanpa menimbulkan dampak luas terhadap organisme lain. Keunggulan utama Spinosad terletak pada selektivitasnya yang tinggi, toksisitasnya yang rendah terhadap mamalia, serta profil lingkungannya yang aman, menjadikannya pilihan ramah lingkungan dalam pertanian berkelanjutan dan pengendalian hama yang bertanggung jawab.

DISKUSI

Berdasarkan teks pada bagian Masalah Kontekstual, lakukan analisis terhadap hal-hal berikut:

1. Jelaskan yang dimaksud dengan proses flaring yang dilakukan oleh PT Medco E&P Malaka?
2. Jelaskan mengapa gas-gas yang dihasilkan berdampak terhadap efek rumah kaca, pencemaran udara, dan hujan asam.
3. Jelaskan bagaimana reaksi fotokimia di udara dapat mengubah gas buangan menjadi senyawa sekunder beracun seperti ozon troposferik (O_3).
4. Bagaimana penerapan prinsip kimia hijau dapat membantu mengurangi dampak pencemaran udara akibat aktivitas industri migas di Aceh Timur? Telusuri berbagai literatur, temukan langkah apa yang dapat dilakukan sesuai dengan prinsip kimia hijau? Catat hasil analisis dalam tabel berikut.

Prinsip Kimia Hijau	Penerapan di Industri Migas
Pencegahan limbah	
Efisiensi energi	
Katalisis	
Kimia yang lebih aman	

MUHASABAH

Perubahan lingkungan yang terjadi saat ini merupakan cerminan dari ketidakseimbangan antara aktivitas manusia dan sistem alam yang seharusnya berjalan harmonis.

Yuk simak video berikut:

s.id/renungan7musibah



F. RANGKUMAN

Perubahan iklim global merupakan tantangan lingkungan terbesar abad ke-21. Data NASA menunjukkan peningkatan signifikan suhu permukaan bumi akibat naiknya konsentrasi gas rumah kaca seperti CO_2 , CH_4 , dan N_2O . Gas-gas ini menyerap serta memantulkan kembali radiasi inframerah, menyebabkan efek rumah kaca dan pemanasan global.

Al-Qur'an telah menyinggung pentingnya menjaga keseimbangan alam dan larangan merusaknya. Dalam Surah Ar-Rum ayat 41, menggambarkan bahwa perubahan dan kerusakan lingkungan, termasuk perubahan iklim, merupakan akibat langsung dari aktivitas manusia yang tidak bijak dalam mengelola sumber daya alam.

Ayat tersebut mengandung pesan moral dan ilmiah yang sejalan dengan prinsip kimia hijau bahwa manusia memiliki tanggung jawab untuk menjaga keseimbangan bumi, mengurangi polusi, dan menggunakan teknologi secara berkelanjutan. Pemahaman ilmiah tentang reaksi kimia yang menyebabkan efek rumah kaca dan strategi mitigasinya menjadi bentuk nyata penerapan nilai Al-Qur'an dalam menjaga amanah Allah atas bumi sebagai tempat hidup bersama.

Sebagai solusi, konsep kimia hijau (green chemistry) menawarkan pendekatan ilmiah untuk meminimalkan dampak lingkungan. Prinsip ini menekankan efisiensi energi, pencegahan limbah, serta pemanfaatan bahan terbarukan. Inovasi seperti *Carbon Capture and Storage* (CCS) dan sel bahan bakar hidrogen menunjukkan penerapan nyata teknologi bersih.

Selain bersifat ilmiah, kesadaran ekologis juga berakar pada nilai spiritual. Al-Qur'an (Ar-Rum [30:41], Al-Baqarah [2:205]) menegaskan larangan merusak bumi dan laut akibat perbuatan manusia. Integrasi antara ilmu kimia dan nilai keislaman membentuk kesadaran ilmiah dan moral yang mendorong manusia menjalankan perannya sebagai khalifah bumi secara bijak dan berkelanjutan.

G. LATIHAN

Untuk menguji pemahaman kamu tentang ilmu kimia dan perubahan iklim, jawablah beberapa pertanyaan berikut.

1. Jelaskan secara singkat mengapa gas rumah kaca menyebabkan kenaikan suhu permukaan bumi.
2. Jelaskan dua contoh penerapan kimia hijau selain yang telah disebutkan di atas .
3. Apa peran kimia atmosfer dalam konteks perubahan iklim dan polusi udara?
4. Berikan satu alasan ekonomi mengapa kimia hijau bisa lebih menguntungkan dibanding praktik kimia konvensional.
5. Jelaskan fungsi teknologi *Carbon Capture and Storage* (CCS)?

H. ASESMEN

Cermati teks berikut!

Pencemaran Sungai Lae Gombar oleh Limbah Pabrik Kelapa Sawit di Aceh Singkil

Sungai Lae Gombar, yang mengalir di Kabupaten Aceh Singkil, selama bertahun-tahun menjadi sumber kehidupan bagi warga di Kecamatan Singkohor dan Kota Baharu. Airnya digunakan untuk mandi, mencuci, mengairi sawah, bahkan menjadi tempat warga mencari ikan. Namun, sejak beberapa waktu terakhir, warga dibuat panik oleh peristiwa aneh, ribuan ikan mendadak mati dan mengambang di permukaan air. Bau busuk menyengat tercium hingga ke perkampungan, dan warna air berubah menjadi kecokelatan pekat.

Penelusuran Dinas Lingkungan Hidup setempat mengarah pada pabrik kelapa sawit PT Nafasindo, yang berlokasi tidak jauh dari aliran sungai. Diduga, terjadi kebocoran pada saluran pembuangan limbah cair hasil pengolahan minyak sawit. Limbah ini mengandung senyawa organik dan sisa minyak yang sulit terurai, menyebabkan kadar oksigen terlarut (DO) di sungai turun drastis. Akibatnya, organisme air seperti ikan dan udang kekurangan oksigen dan mati.

Pemeriksaan laboratorium menunjukkan nilai BOD (*Biological Oxygen Demand*) dan COD (*Chemical Oxygen Demand*) air sungai jauh melebihi baku mutu lingkungan. Ini berarti banyak zat kimia organik yang membutuhkan oksigen untuk terurai, sehingga ekosistem sungai menjadi rusak.

Sumber: <https://www.acehnews.id/news/dlhc-aceh-singkil-selidiki-dugaan-pencemaran-sungai-lae-gombar/index.html>. (6 September 2025).

Lakukan penelusuran dari berbagai sumber untuk menjawab pertanyaan berikut

1. Jelaskan limbah yang dihasilkan dari pengolahan sawit
2. Jelaskan hubungan antara nilai BOD dan COD dengan kondisi lingkungan
3. Bagaimana penerapan prinsip kimia hijau dapat membantu mengurangi dampak limbah sawit terhadap pencemaran air Sungai? Telusuri berbagai literatur, temukan langkah apa yang dapat dilakukan sesuai dengan prinsip kimia hijau? Catat hasil analisis dalam tabel berikut.

Prinsip Kimia Hijau	Penerapan di Industri Migas
Pencegahan limbah	
Penggunaan bahan aman	
Pelarut ramah lingkungan	
Penggunaan bahan terbarukan	
Desain untuk degradasi	

DAFTAR PUSTAKA

Al-Quran.

Ahmad, YA. 2010. **Ensiklopedia Kemukjizatan SAINS Dalam Al-Qur'an & Sains**. Al-Hidayah Publications. Kuala Lumpur.

Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan Kemendikdasmen. 2025. **Panduan Mata Pelajaran Ilmu Pengetahuan Alam Fase D dan E**. Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan Kementerian Pendidikan Dasar dan Menengah Republik Indonesia. Jakarta.

Faniyah, I., dan Hidayatullah, A.F. 2021. **Kajian Logam dalam Al-Qur'an dan Korelasinya pada Konsep Pemikiran Jabir Bin Hayyan**. Al-Kimiya, Vol 8 No. 1 (21-27).

<https://science.nasa.gov/earth/explore/earth-indicators/global-temperature/>

Manahan, S.E. 2006. **Green Chemistry and The Ten Commandment of Sustainability**. ChemChar Research 2nd Edition. Columbia.

Overby, J., and Chang, R. 2022. **Chemistry 14th Edition**. McGraw Hill. New York.

Petrucci. 2025. **General Chemistry: Principles and Modern Applications**. Libretexts. <https://libretexts.org/>.

United Nations Industrial Development Organization. **The 12 Principles of Green Chemistry**. <https://greenchemistry-toolkit.org/>