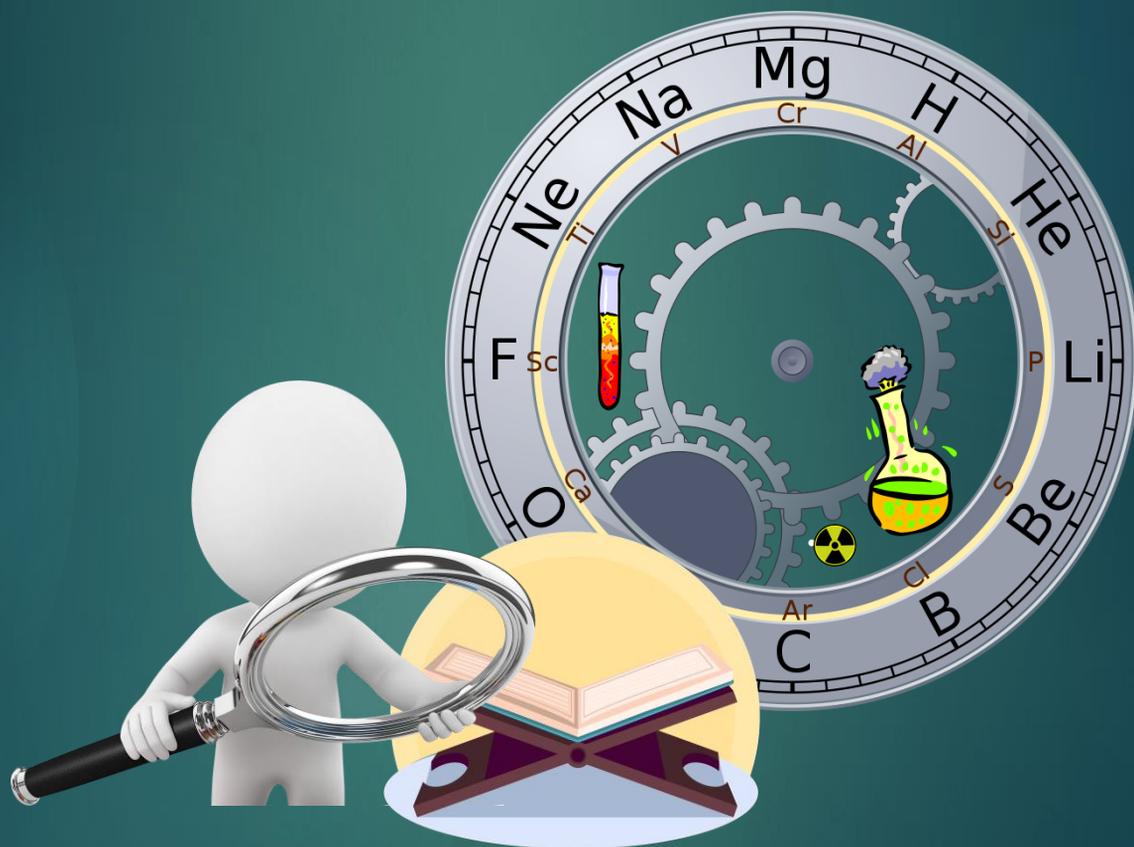


M. Mahfudz Fauzi S., S.Pd., M.Sc.

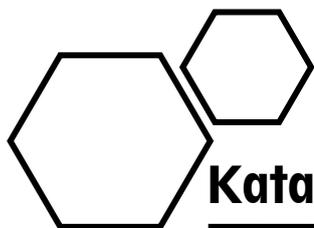
LEMBAR KEGIATAN MAHASISWA

KIMIA UNSUR

(INTEGRASI SAINS DAN AL QURAN)



PRODI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI RADEN FATAH PALEMBANG



Kata Pengantar

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Penulis menghaturkan puji syukur ke hadirat Allah SWT, Rabb semesta alam, yang telah memberikan kesempatan dan kemampuan kepada penulis untuk dapat merampungkan Lembar Kegiatan Mahasiswa (LKM) “Kimia Unsur: Integrasi Sains dan Agama” Shalawat teriring salam semoga senantiasa tercurah untuk qudwah, uswatun hasanah, dan nabiyallah Muhammad SAW. Seorang biasa namun menjadi luar biasa karena kebiasaannya yang menjadi sumber inspirasi dan motivasi penulis.

Penulisan LKM ini dimaksudkan untuk memandu kegiatan perkuliahan serta menambah referensi literatur bagi mahasiswa dalam mempelajari mata kuliah Kimia Unsur. Buku ini terdiri atas lima topik: (1) kelimpahan unsur-unsur di alam semesta; (2) asal-usul unsur-unsur di alam semesta; (3) sistem periodik unsur; (4) sifat periodisitas unsur; dan (5) metode pemerolehan/isolasi unsur. Dengan mengerjakan LKM ini diharapkan mahasiswa akan memiliki suatu pengetahuan yang komprehensif terkait kimia unsur dari sisi ilmu kimia dan Al Quran. Semoga buku ini bermanfaat untuk para pembaca, khususnya mahasiswa kimia.

Penulis menyadari bahwa dalam LKM ini masih banyak kesalahan dan kekeliruan. Oleh karena itu, dengan kerendahan hati penulis memohon kritik dan saran yang membangun untuk perbaikan selanjutnya.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Palembang, November 2022

Penulis



Daftar Isi

Kata Pengantar	i
Daftar Isi	iii
LKM 1	
Kelimpahan Unsur-unsur di Alam Semesta	1
LKM 2	
Asal-usul Unsur-unsur di Alam Semesta	13
LKM 3	
Sistem Periodok Unsur.....	21
LKM 4	
Sifat Periodisitas Unsur.....	29
LKM 5	
Metode Pemerolehan/Isolasi Unsur	49
DAFTAR PUSTAKA	89

LEMBAR KEGIATAN MAHASISWA 1

KELIMPAHAN UNSUR-UNSUR DI ALAM SEMESTA

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

أَوَلَمْ يَرَ الَّذِينَ كَفَرُوا أَنَّ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضَ كَانَتَا رَتْقًا فَفَتَقْنَاهُمَا وَجَعَلْنَا

مِنَ الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ أَفَلَا يُؤْمِنُونَ

Dan apakah orang-orang kafir tidak mengetahui bahwa langit dan bumi keduanya dahulunya menyatu, kemudian Kami pisahkan antara keduanya; dan Kami jadikan segala sesuatu yang hidup berasal dari air; maka mengapa mereka tidak beriman? (Q.S An Anbiya':30).

لَقَدْ أَرْسَلْنَا رُسُلَنَا بِالْبَيِّنَاتِ وَأَنْزَلْنَا مَعَهُمُ الْكِتَابَ وَالْمِيزَانَ لِيَقُومَ النَّاسُ

بِالْقِسْطِ وَأَنْزَلْنَا الْحَدِيدَ فِيهِ بَأْسٌ شَدِيدٌ وَمَنَافِعُ لِلنَّاسِ وَلِيَعْلَمَ اللَّهُ مَنْ

عَيَّنْصُرُهُ وَرُسُلَهُ بِالْغَيْبِ إِنَّ اللَّهَ قَوِيٌّ عَزِيزٌ

Sungguh, Kami telah mengutus rasul-rasul Kami dengan bukti-bukti yang nyata dan kami turunkan bersama mereka kitab dan neraca (keadilan) agar manusia dapat berlaku adil. Dan Kami turunkan besi yang mempunyai kekuatan, hebat dan banyak manfaat bagi manusia, dan agar Allah mengetahui siapa yang menolong (agama)-Nya dan rasul-rasul-Nya walaupun (Allah) tidak dilihatnya. Sesungguhnya Allah Mahakuat, Mahaperkasa. (Q.S Al Hadid:25).

Kimia Unsur

ASK

Bacalah wacana berikut dengan cermat!

Wacana

Sampai saat ini dikenal 118 unsur di alam semesta yang berhasil diidentifikasi. Informasi mengenai kelimpahan unsur di alam semesta setidaknya dari matahari dan bintang, bumi dan meteorit, serta gas nebula dan gas antarbintang. Informasi tentang kelimpahan unsur diperoleh dari analisis spektroskopi rinci menggunakan berbagai daerah spektrum elektromagnetik. Salah satu tujuan penentuan kelimpahan unsur-unsur adalah mengungkap misteri mengenai asal-usul unsur yang juga berarti asal-usul alam semesta.

The periodic table displays 118 elements, organized into groups and periods. Key features include:

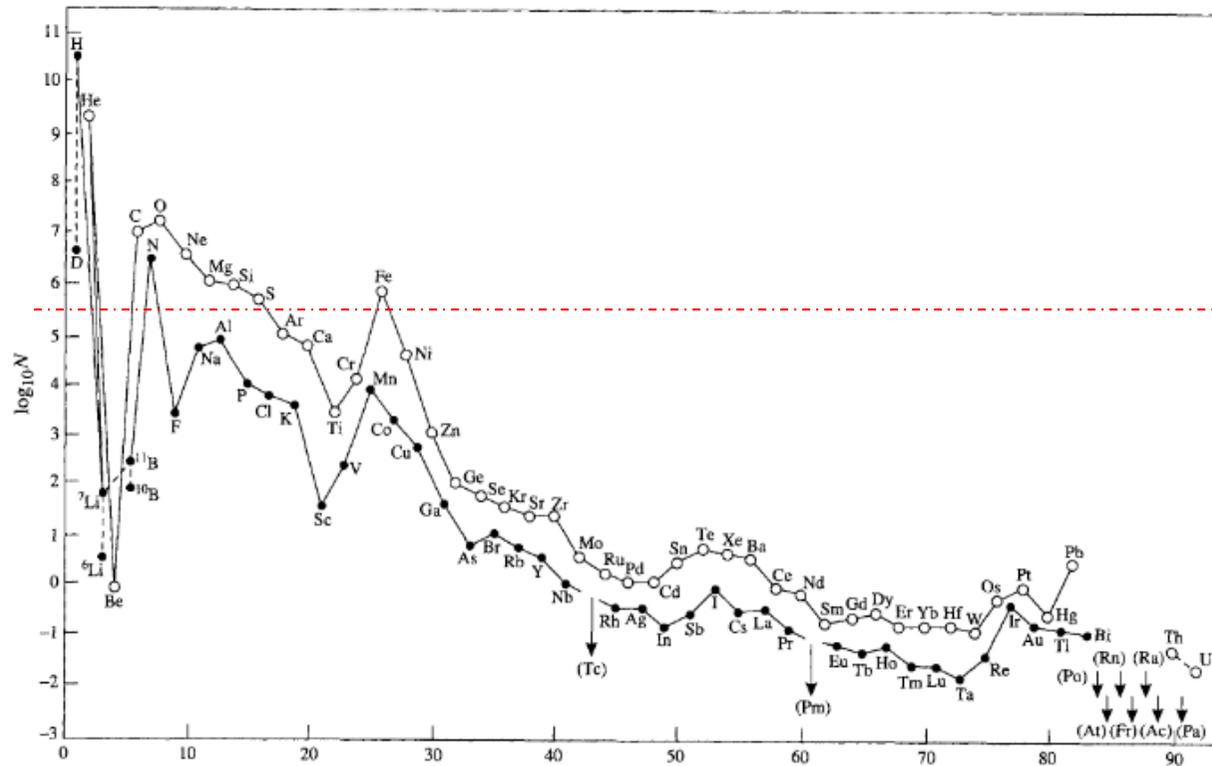
- Groups:** 1 (Alkali metals), 2 (Alkaline earth metals), 3-10 (Transition metals), 11-12 (Post-transition metals), 13-16 (Metalloids), 17 (Halogens), 18 (Noble gases).
- States of Matter:** Solid (C), Liquid (Hg), Gas (H), Unknown (Rf).
- Elemental Data:** Each element cell contains its atomic number, symbol, name, and atomic weight.
- Special Cases:** Elements with no stable isotopes have their mass numbers in parentheses.

Gambar 1. 118 unsur dalam tabel periodik unsur.

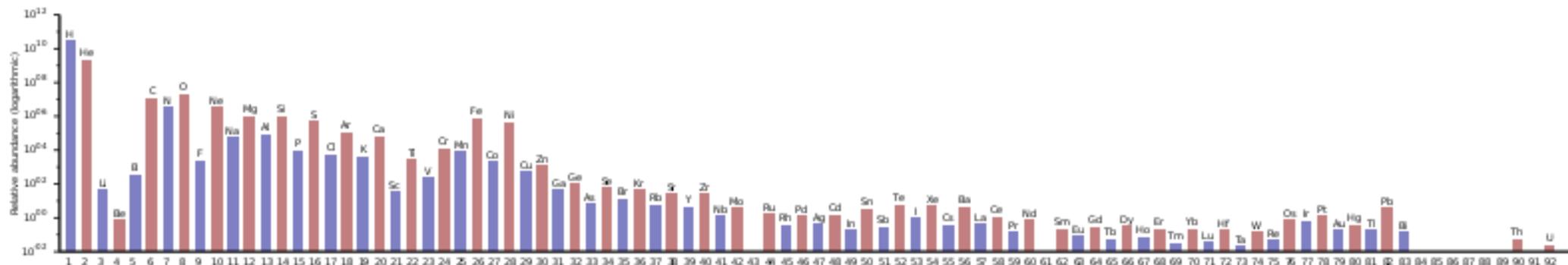
Ajukanlah hal-hal yang tidak kalian mengerti terkait gambar dan wacana di atas?

INVESTIGATE & CREATE**A. Kelimpahan Unsur di Alam Semesta**

Perhatikan gambar berikut:



Gambar 2. Kurva kelimpahan unsur dalam tabel periodik unsur (Cameron, 1973).



Gambar 3. Grafik kelimpahan unsur dalam tabel periodik unsur (Crowell, 1996).

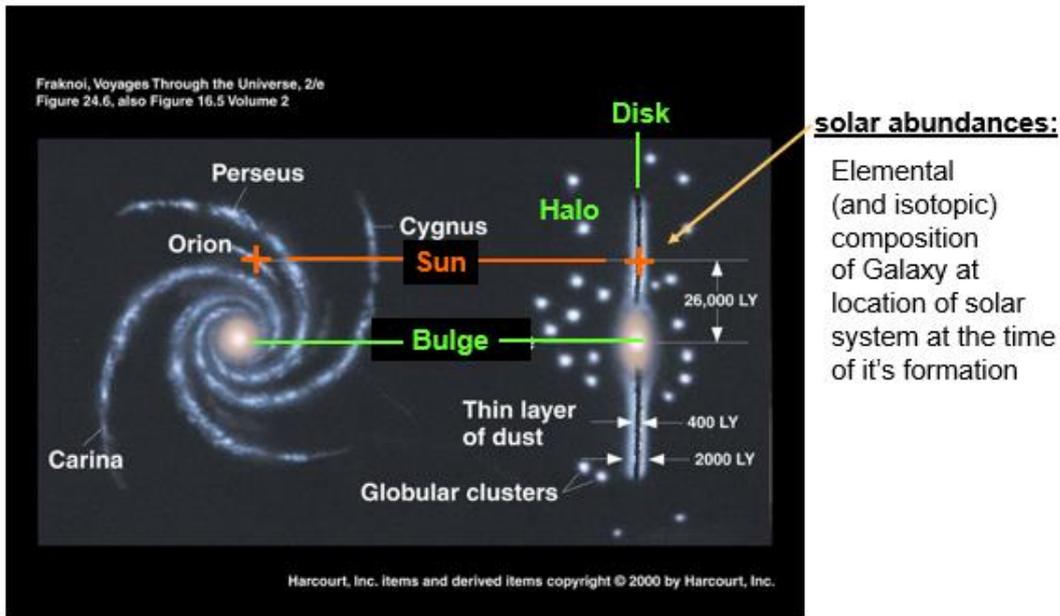
Berdasarkan kurva kelimpahan unsur (dalam skala logaritma) seperti yang disajikan dalam Gambar 2 dan 3:

1. Unsur manakah yang memiliki kelimpahan terbesar di alam semesta?
Perkirakan % massa unsur tersebut!
2. Unsur manakah yang memiliki kelimpahan terbesar kedua di alam semesta?
Perkirakan % massa unsur tersebut!
3. Tuliskan 8 unsur yang memiliki kelimpahan cukup besar selain kedua unsur di atas!
4. Bagaimanakah kecenderungan kelimpahan unsur seiring dengan kenaikan nomor atom?
5. Bagaimanakah kecenderungan kelimpahan unsur-unsur bernomor atom ganjil bila dibandingkan dengan unsur-unsur bernomor atom genap?

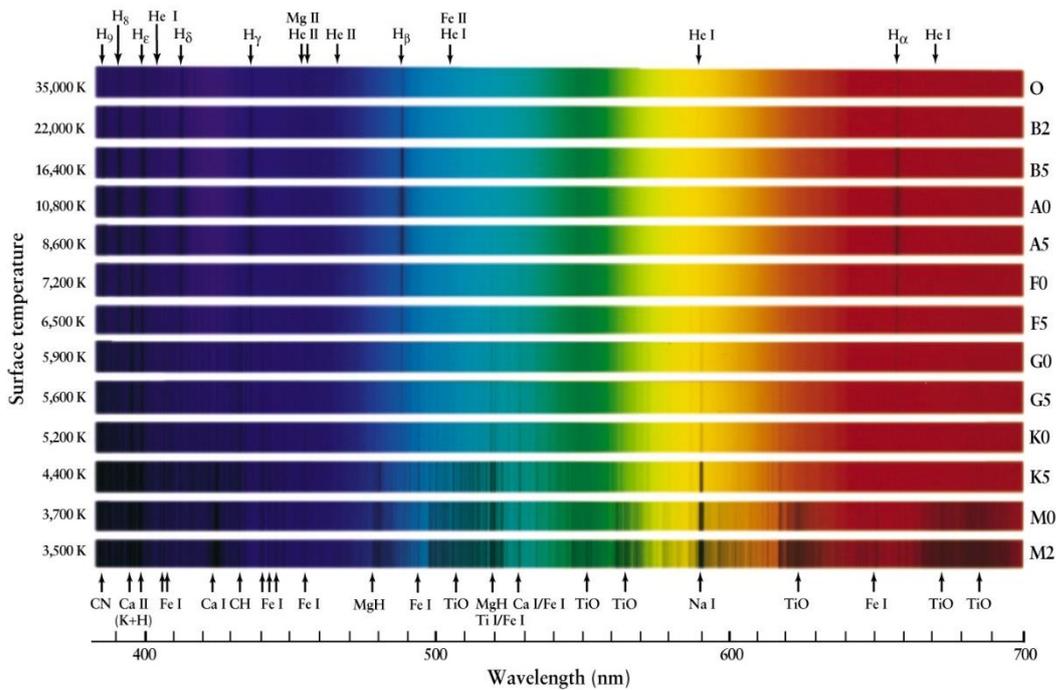
B. Kelimpahan Unsur di Matahari dan Bintang

Kelimpahan unsur pada matahari dan bintang dikaji melalui analisis spektroskopi. Hanya bintang-bintang terdekat dan bersinar terang saja yang menghasilkan spektra yang pantas untuk dilakukan analisis.

Perhatikan gambar berikut:



Gambar 4. Distribusi kelimpahan di matahari.



Gambar 5. Spektrum matahari

Pengamatan dan analisis lebih lanjut menunjukkan bahwa dalam matahari terdapat ± 66 unsur dengan ${}_{92}\text{U}$ sebagai unsur terberat. Tabel berikut memperlihatkan unsur-unsur dengan kelimpahan besar dalam matahari

Tabel 1. Kelimpahan unsur-unsur di matahari

Unsur	Z	Kelimpahan (atom/ 10^4 atom Si)	Unsur	Z	Kelimpahan (atom/ 10^4 atom Si)
H	1	510.000.000	Ca	20	870
He	2	100.000.000	Se	21	1,1
C	6	10.000	Ti	22	47
N	7	21.000	V	23	5,9
O	8	29.000	Cr	24	200
Na	11	1.000	Mn	25	150
Mg	12	1.700	Fe	26	27.000
Al	13	1.100	Co	27	55
Si	14	10.000	Ni	28	470
S	16	4.300	Cu	29	8,7
K	19	81	Zn	30	31

Seperti yang diketahui berdasarkan cara memperolehnya spektrum dibedakan atas spektrum absorpsi dan emisi.

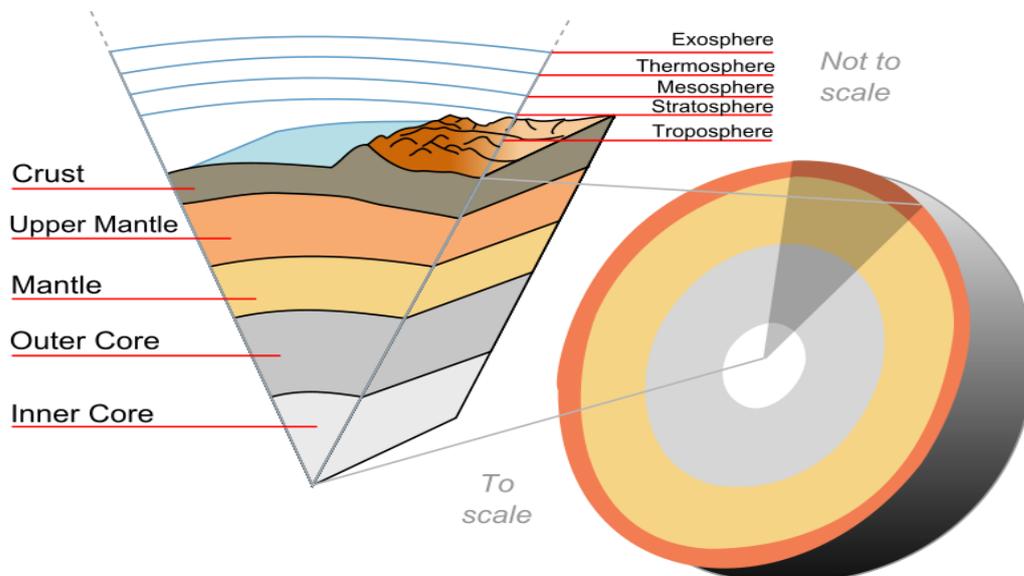
1. Carilah informasi mengenai perbedaan spektrum absorpsi dan emisi!
2. Menurut Anda termasuk ke dalam jenis yang manakah spektrum seperti yang ditunjukkan Gambar 5? Jelaskan

Berdasarkan data dalam Tabel 1:

3. Unsur manakah yang memiliki kelimpahan paling dominan dalam matahari?
4. Tuliskan 8 unsur yang memiliki kelimpahan cukup besar selain kedua unsur di atas!
5. Bagaimanakah kecenderungan kelimpahan unsur seiring dengan kenaikan nomor atom?
6. Bagaimanakah kecenderungan kelimpahan unsur-unsur bernomor atom ganjil bila dibandingkan dengan unsur-unsur bernomor atom genap?

C. Kelimpahan Unsur-unsur pada Bumi dan Meteorit

Perhatikan gambar berikut:



Gambar 6. Struktur ekterior bumi

Kelimpahan unsur-unsur di bumi disajikan dalam Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Kelimpahan unsur-unsur di bumi (% massa)

Unsur	Lapisan Kerak	Lapisan Mantel	Lapisan Inti
O	49,5	43,7	-
Si	25,7	21,6	-
Al	7,5	1,8	-
Fe	4,7	13,3	88,6
Ca	3,4	2,1	-
Mg	2,8	16,6	-
Na	2,6	0,8	-
K	2,4	0,2	-
H	0,87	-	-
Ti	0,58	0,18	0,01
Cl	0,19	-	-
P	0,12	-	-
Mn	0,09	-	-
C	0,08	-	-
S	0,06	>2	-
Ni	0,008	0,3	8,5
Co	0,003	0,04	0,6
He	-	-	-

Berdasarkan data kelimpahan unsur-unsur dalam Tabel 2,

1. Unsur apa saja yang menjadi komponen utama lapisan inti?
2. Unsur apa saja yang menjadi komponen utama lapisan mantel?

3. Unsur apa saja yang menjadi komponen utama lapisan kerak?
4. Unsur apa yang paling dominan ditemukan di bumi secara keseluruhan?

Komposisi kimia meteorit ternyata tidak jauh berbeda dengan komposisi kimia di lapisan kerak bumi.

5. Carilah perbedaan antara meteor, meteoroid, dan meteorit!

Komposisi kimia meteorit disajikan dalam Tabel 3 berikut.

Unsur	O	Fe	Si	Mg	S	Ni	Al	Ca
% massa	32,3	28,8	16,3	12,3	2,12	1,57	1,38	1,35

D. Kelimpahan Unsur-unsur pada Gas Nebula dan Antarbintang

Sebagian besar dari nebula adalah sejumlah besar gas yang bersinar. Atom-atom dalam gas ini berada dalam keadaan tereksitasi karena radiasi ultraviolet yang intensif dari bintang-bintang panas yang terdapat di dalam nebula tersebut.

Analisis secara spektroskopi menunjukkan bahwa 65% massa gas ini berupa hidrogen dan sebagian besar sisanya adalah helium.

Ruang antarbintang tidak sepenuhnya vakum, melainkan terisi oleh gas dan debu sebagai medium antarbintang. Komposisi medium ini belum dapat diketahui secara pasti, namun secara spektroskopi teramati bahwa medium ini sebagian besar tersusun dari hidrogen dan helium.

DISCUSS

1. Bagaimanakah kelimpahan unsur-unsur di alam semesta?
2. Mengapa kandungan hidrogen dan helium di bumi sangat sedikit?
3. Adakah keterkaitan antara kelimpahan besi di bumi dengan Q.S Al Hadid:25?
Jelaskan

REFLECT

Presentasikan hasil pengerjaan kalian dengan santun untuk memperoleh tanggapan/konfirmasi dari teman kalian dan dosen!

LEMBAR KEGIATAN MAHASISWA 2

ASAL-USUL UNSUR-UNSUR DI ALAM SEMESTA

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ وَاخْتِلَافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ لَآيَاتٍ لِأُولِي
الْأَلْبَابِ

Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, dan pergantian malam dan siang terdapat tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi orang yang berakal (Q.S Ali ‘Imran:190).

أَوَلَمْ يَرِ الَّذِينَ كَفَرُوا أَنَّ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضَ كَانَتَا رَتْقًا فَفَتَقْنَاهُمَا^ط وَجَعَلْنَا
مِنَ الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ أَفَلَا يُؤْمِنُونَ

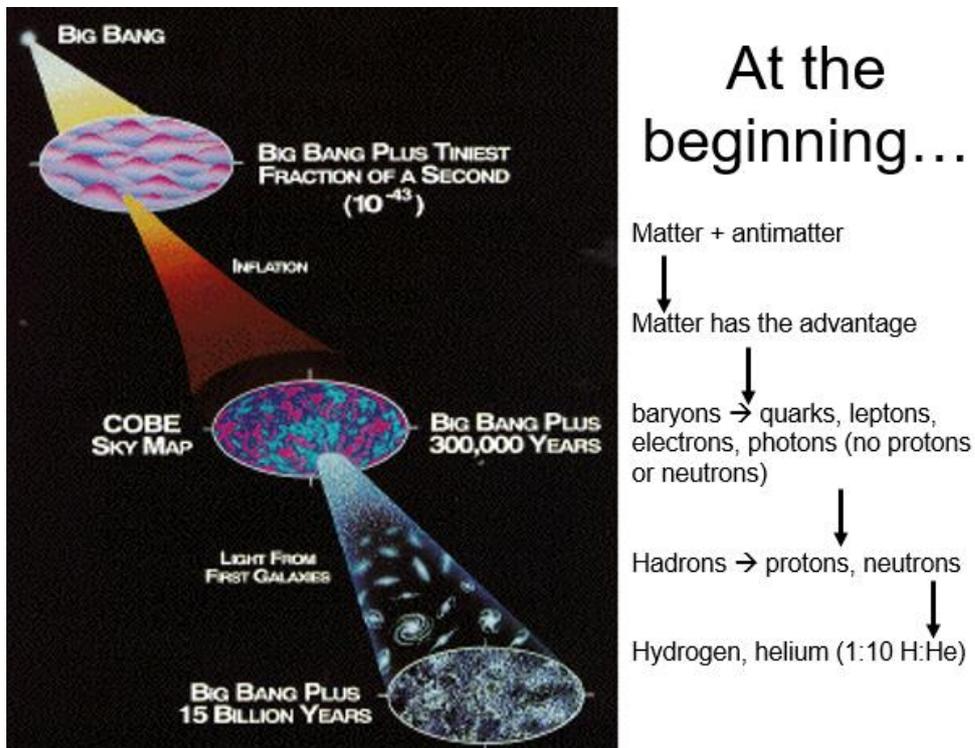
Dan apakah orang-orang kafir tidak mengetahui bahwa langit dan bumi keduanya dahulunya menyatu, kemudian Kami pisahkan antara keduanya; dan Kami jadikan segala sesuatu yang hidup berasal dari air; maka mengapa mereka tidak beriman? (Q.S An Anbiya’:30).

ASK

Bacalah wacana berikut dengan cermat!

Wacana

Menurut para kosmofisikawan, sejarah alam semesta diawali sejak terjadinya dentuman dahsyat (*Big Bang*) suatu materi yang bersuhu amat sangat tinggi dan memiliki kerapatan mendekati tak terhingga pada sekitar 15 milyar tahun yang lalu. Dalam rentang waktu yang sangat cepat sejak peristiwa *Big Bang* alam semesta yang semula kecil semakin membesar, berwujud kabut panas mengandung elektron, proton, neutron, dan partikel lainnya. Setelah suhu turun melalui reaksi nukleosintesis diduga unsur-unsur mulai terbentuk.



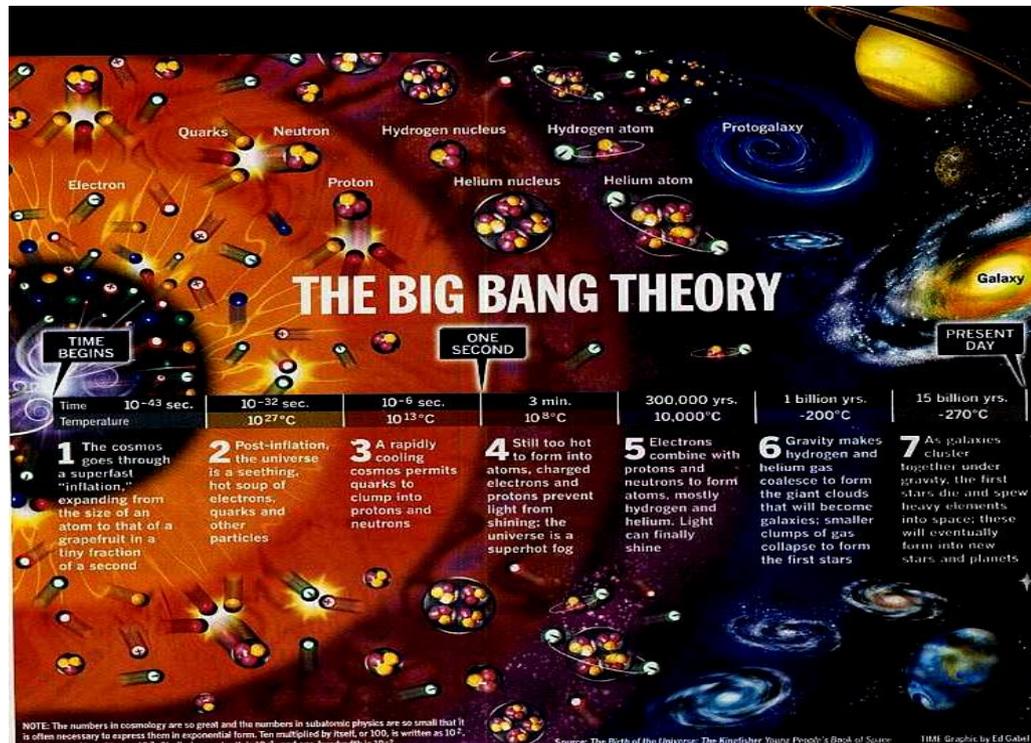
Gambar 1. Skema keterkaitan peristiwa *Big Bang* dan pembentukan unsur

Ajukanlah hal-hal yang tidak kalian mengerti terkait gambar dan wacana di atas?

INVESTIGATE & CREATE

A. Peristiwa Big Bang

Perhatikan gambar berikut:



Gambar 2. Skema Teori Big Bang

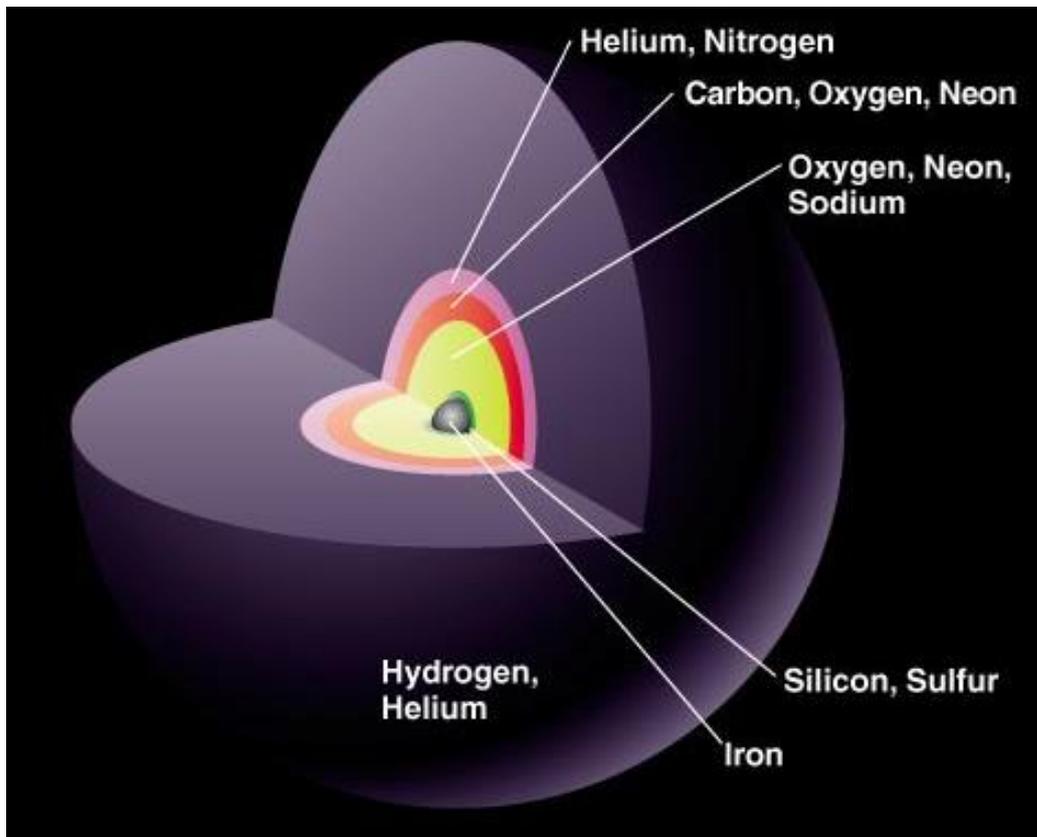
1. Berdasarkan gambar tersebut, carilah informasi mengenai peristiwa *Big Bang* dalam pembentukan alam semesta!

Dalam proses terbentuknya alam semesta, unsur hidrogen yang merupakan induk dari semua unsur terbentuk melalui reaksi penggabungan antara proton dan elektron.

2. Tuliskan reaksi penggabungan (fusi) pembentukan hidrogen!

B. Reaksi Nukleosintesis Bintang (Nukleosintesis Stellar)

Karena pengaruh gaya gravitasi yang semakin rapat, gas-gas hidrogen selanjutnya menggumpal membentuk awan raksasa yang kelak menjadi galaksi. Sementara itu gas-gas hidrogen yang lain membentuk rumpun lebih kecil yang kelak menjadi bintang-bintang generasi pertama. Di dalam bintang-bintang inilah unsur-unsur yang lebih berat terbentuk (dari hidrogen) melalui serangkaian reaksi nukleosintesis, meliputi reaksi fusi, reaksi- α , proses-e (equilibrium process), proses-s (slow process), dan proses-r (rapid process).

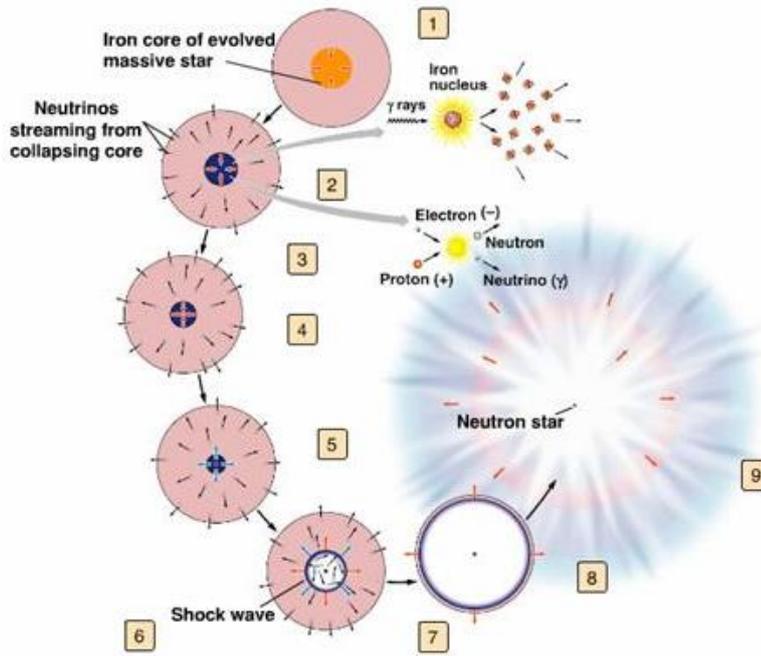


Gambar 3. Unsur-unsur yang terbentuk pada bintang melalui reaksi nukleosintesis

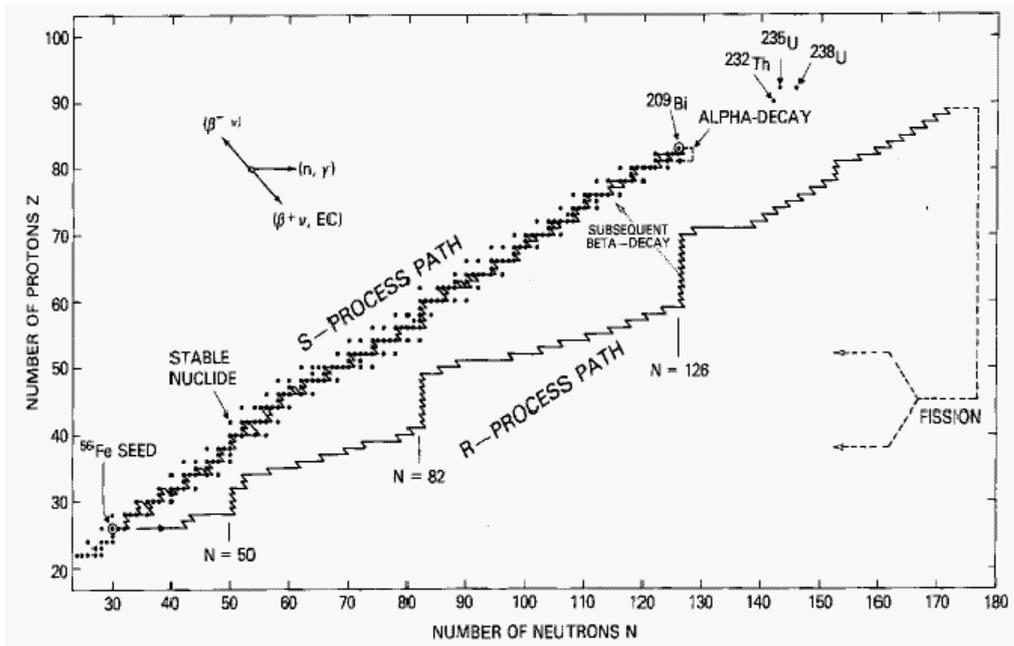
3. Carilah informasi terkait reaksi nukleosintesis pada bintang-bintang?

C. Reaksi Nukleosintesis Supernova

Dalam keadaan rapat neutron yang sangat tinggi, bintang-bintang dapat meledak menghasilkan supernova. Terjadinya supernova disertai dengan proses-r.



Gambar 4. Skema terbentuknya supernova



Gambar 5. Grafik hubungan antara jumlah proton dan neutron dengan reaksi nukleosintesis

Legend																			
Yellow	Big Bang																		
Light Blue	Supernovae																		
Orange	Large Stars																		
Red	Small Stars																		
Green	Cosmic Rays																		

H																	He				
Li	Be															B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg															Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr				
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe				
Cs	Ba			Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn			
Fr	Ra																				
		La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu					
		Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr					

Gambar 6. Distribusi unsur-unsur berdasarkan asal-usulnya

DISCUSS

Bagaimanakah asal-usul unsur-unsur di alam semesta?

REFLECT

Presentasikan hasil pengerjaan kalian dengan santun untuk memperoleh tanggapan/konfirmasi dari teman kalian dan dosen!

LEMBAR KEGIATAN MAHASISWA 3

SISTEM PERIODIK UNSUR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ
وَإِخْتِلَافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ لَآيَاتٍ لِّأُولِي
الْأَبْصَارِ

Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, dan pergantian malam dan siang terdapat tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi orang yang berakal (Q.S Ali 'Imran:190).

ASK

Bacalah wacana berikut dengan cermat!

Wacana

Ilmu kimia memiliki kaitan yang erat dengan struktur materi, sifat materi, dan reaksi materi. Sifat materi berkaitan dengan sifat unsur. Hingga akhir abad ke-18 terdapat sekitar dua puluh unsur yang sudah dikenal. Unsur-unsur yang dikenal pada masa itu tampak mempunyai sifat yang berbeda satu dengan yang lainnya. Untuk memudahkan para ilmuwan mempelajari unsur, akhirnya unsur-unsur dikelompokkan berdasarkan kemiripan sifatnya.

Awalnya unsur-unsur dikelompokkan berdasarkan sifat fisiknya. Akan tetapi, bagi para kimiawan, justru yang paling penting adalah pola sifat kimiawi unsur-unsur. Ketika unsur yang dikenal sudah cukup banyak, para ahli berupaya membuat pengelompokkan sehingga unsur-unsur tersebut tertata dengan baik dan mudah untuk dipelajari.

Ajukanlah hal-hal yang tidak kalian mengerti terkait wacana di atas?

INVESTIGATE & CREATE

A. Pengelompokan Unsur di Abad ke-18

Sesungguhnya unsur-unsur dapat diklasifikasikan menurut banyak cara. Awalnya unsur-unsur oleh bangsa Arab dan Persia dikelompokkan berdasarkan unsur logam dan non logam.

1. Carilah informasi mengenai ciri-ciri unsur logam dan non logam, kemudian bandingkan dan sajikanlah dalam bentuk tabel perbandingan!

Sifat Logam	Sifat Nonlogam
-------------	----------------

2. Menurut Anda, apakah penggolongan tersebut bersesuaian dengan fakta-fakta? Kemukakan alasannya

Selanjutnya pengelompokkan berdasarkan wujud pada keadaan Standard Ambient Temperature and Pressure (SATP, 25°C, 100kPa). Atas dasar SATP unsur-unsur dibedakan ke dalam wujud gas (ada sebelas unsur: hidrogen, nitrogen, oksigen, fluorin, klorin, dan gas mulia), wujud cair (ada dua unsur bromin dan raksa), dan

sisanya berwujud padat. Pengelompokkan berdasarkan wujud juga tidak memberikan banyak aspek kimiawi.

B. Pengelompokan Unsur di Abad ke-19 dan 20

Bagi para kimiawan yang paling penting dalam mempelajari dan mengelompokkan unsur adalah pola sifat kimiawi unsur-unsur. Beberapa di antaranya Dobereiner (1829), Odling (1865), Newlands (1865), Mendelejeff (1869), Meyer (1869), dan Moseley (1914).

3. Carilah informasi mengenai pengelompokkan unsur menurut Dobereiner, Odling, Newlands, Mendelejeff, dan Meyer.

Kimia Unsur

Puncak dari upaya tersebut adalah terciptanya suatu daftar yang disebut SPU oleh Moseley.

- Carilah informasi mengenai SPU Moseley, bandingkan dengan pengelompokkan unsur menurut para ahli sebelumnya!

Setelah teori mekanika kuantum berhasil menggambarkan struktur atom, lahirlah SPU modern (Gambar 1.) yang bercikal pada sistem periodik unsur yang dikenalkan Moseley.

For elements with no stable isotopes, the mass number of the isotope with the longest half-life is in parentheses.

Periodic Table Design & Interface Copyright © 1997 Michael Davah. Ptable.com Last updated Jun 16, 2017

57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
La Lanthanum 138.91	Ce Cerium 140.12	Pr Praseodym 140.91	Nd Neodymium 144.24	Pm Promethium (145)	Sm Samarium 150.36	Eu Europium 151.96	Gd Gadolinium 157.25	Tb Terbium 158.93	Dy Dysprosium 162.50	Ho Holmium 164.93	Er Erbium 167.26	Tm Thulium 168.93	Yb Ytterbium 173.05	Lu Lutetium 174.97
89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103
Ac Actinium (227)	Th Thorium 232.04	Pa Protactinium 231.04	U Uranium 238.03	Np Neptunium (237)	Pu Plutonium (244)	Am Americium (243)	Cm Curium (247)	Bk Berkelium (247)	Cf Californium (251)	Es Einsteinium (252)	Fm Fermium (257)	Md Mendelevium (258)	No Nobelium (259)	Lr Lawrencium (260)

Gambar 1. Sistem periodik unsur

C. Pengorganisasian Unsur-unsur dalam SPU

Dalam SPU modern seperti pada Gambar 1. unsur-unsur didistribusikan secara teratur berdasarkan kenaikan nomor atom atau jumlah protonnya. Dalam SPU tersebut terdapat tujuh lajur horisontal yang disebut periode dan terdapat delapan belas lajur vertikal yang disebut golongan.

Menurut rekomendasi *International Union of Pure and Applied Chemistry* (IUPAC), penomoran golongan unsur-unsur adalah dari 1 hingga 18. Sistem ini menggantikan sistem lama yang menggunakan nomor dari kombinasi angka dan huruf Romawi.

5. Carilah informasi terkait alasan mengapa IUPAC melakukan hal demikian!

Hubungan antara SPU dengan sifat-sifat kimiawi serta konfigurasi elektronik unsur-unsur yang bersangkutan, memberikan informasi bahwa unsur-unsur diklasifikasikan ke dalam empat kelompok, yaitu: (1) unsur-unsur inert; (2) unsur-unsur utama (representatif); (3) unsur-unsur transisi; dan (4) unsur-unsur transisi dalam.

6. Carilah informasi mengenai pengelompokkan unsur-unsur tersebut!

D. Kemiripan Sifat Unsur dalam SPU

Berdasarkan hukum Periodik seperti yang dikemukakan oleh Moseley bahwa apabila unsur-unsur disusun berurutan berdasarkan kenaikan nomor atomnya, maka sifat fisik dan kimianya berubah secara periodik, mengandung informasi bahwa dalam SPU unsur-unsur memiliki kemiripan sifat secara vertikal. Dengan kata lain bahwa dalam satu golongan unsur-unsur memiliki kemiripan sifat.

Akan tetapi berdasarkan SPU modern yang telah disusun, terdapat pula kemiripan secara horisontal, diagonal, dan berbanjar.

7. Temukanlah dalam SPU, unsur-unsur mana saja yang kemiripan secara horisontal, diagonal, dan berbanjar

DISCUSS

Bagaimanakah upaya yang dilakukan dan dasar yang digunakan para ahli dalam mempelajari unsur-unsur yang jumlahnya sangat banyak?

REFLECT

Presentasikan hasil pengerjaan kalian dengan santun untuk memperoleh tanggapan/konfirmasi dari teman kalian dan dosen!

LEMBAR KEGIATAN MAHASISWA 4

SIFAT PERIODISITAS UNSUR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ وَاخْتِلَافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ لَآيَاتٍ لِأُولِي
الْأَلْبَابِ

Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, dan pergantian malam dan siang terdapat tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi orang yang berakal (Q.S Ali 'Imran:190).

لَقَدْ أَرْسَلْنَا رُسُلَنَا بِالْبَيِّنَاتِ وَأَنْزَلْنَا مَعَهُمُ الْكِتَابَ وَالْمِيزَانَ لِيَقُومَ النَّاسُ
بِالْقِسْطِ وَأَنْزَلْنَا الْحَدِيدَ فِيهِ بَأْسٌ شَدِيدٌ وَمَنَافِعُ لِلنَّاسِ وَلِيَعْلَمَ اللَّهُ مَنْ
عَیِّنُصْرُهُ وَرُسُلَهُ بِالْغَيْبِ إِنَّ اللَّهَ قَوِيٌّ عَزِيزٌ

Sungguh, Kami telah mengutus rasul-rasul Kami dengan bukti-bukti yang nyata dan kami turunkan bersama mereka kitab dan neraca (keadilan) agar manusia dapat berlaku adil. Dan Kami turunkan besi yang mempunyai kekuatan, hebat dan banyak manfaat bagi manusia, dan agar Allah mengetahui siapa yang menolong (agama)-Nya dan rasul-rasul-Nya walaupun (Allah) tidak dilihatnya. Sesungguhnya Allah Mahakuat, Mahaperkasa. (Q.S Al Hadid:25).

ASK

Bacalah wacana berikut dengan cermat!

Wacana

Pada pertemuan sebelumnya, kita telah membahas sistem periodik unsur, di mana unsur-unsur yang jumlahnya banyak diklasifikasikan dengan pertimbangan tertentu. Telah dijelaskan sebelumnya bahwa apabila unsur-unsur disusun berurutan berdasarkan kenaikan nomor atomnya, maka sifat fisik dan kimianya berubah secara periodik. Apabila dicermati ternyata kemiripan sifat unsur yang berubah secara periodik tersebut juga berhubungan dengan kemiripan konfigurasi elektronik unsur.

Ajukanlah hal-hal yang tidak kalian mengerti terkait wacana di atas?

INVESTIGATE & CREATE

Terdapat banyak sekali sifat-sifat yang bergantung pada konfigurasi elektronik unsur yang bersangkutan. Akan tetapi dalam hal ini akan diuraikan beberapa sifat saja, di antaranya jari-jari atom dan ion, energi ionisasi, afinitas elektron, serta elektronegativitas. Sifat-sifat periodisitas tersebut dikaji kecenderungannya berdasarkan tempatnya di dalam satu golongan dan periode pada SPU. Sebelum membahas sifat-sifat periodisitas tersebut, akan dibahas terlebih dahulu mengenai muatan inti efektif. Hal ini mengingatkan muatan inti efektif berpengaruh terhadap sifat-sifat periodisitas.

A. Muatan Inti Efektif

Pada atom berelektron banyak, setiap elektron dalam orbitalnya mengalami tarikan elektrostatis terhadap inti atom dan tolakan dari elektron-elektron yang lain. Elektron-elektron yang lain ini diasumsikan membentuk rerata medan yang dapat dipandang sebagai titik bermuatan negatif dan terpusat di dalam inti atom.

Dengan demikian setiap elektron dalam orbital mengalami suatu medan pusat tunggal yang berasal dari inti atom dan muatan negatif yang berasal dari rerata elektron-elektron yang lain.

Dapat dipahami bahwa muatan negatif yang ditimbulkan tentu akan mengu-rangi muatan inti (Z) dari harga sesungguhnya menjadi muatan inti efektif (Z_{eff}) terhadap satu elektron tertentu. Muatan inti efektif ini dipengaruhi oleh konfigurasi elektron, bilangan kuantum utama, dan efek perisai.

Muatan inti efektif atom suatu unsur dapat ditentukan berdasarkan per-samaan:

$$Z_{\text{eff}} = Z - \sigma \quad \dots (4.1)$$

(di mana Z adalah nomor atom atau jumlah proton dan σ adalah konstanta efek perisai elektron yang bersangkutan yang merupakan faktor koreksi terhadap muatan inti)

1. Carilah informasi mengenai muatan inti efektif!

2. Carilah informasi mengenai efek perisai!

Efek perisai untuk setiap elektron dalam orbital tertentu dipelopori oleh Slater (1930). Dengan mempertimbangkan harga bilangan kuantum utama dan azimuth serta jumlah elektron, Slater mengemukakan sejumlah aturan untuk menentukan harga konstanta efek perisai, selanjutnya dikenal dengan aturan Slater.

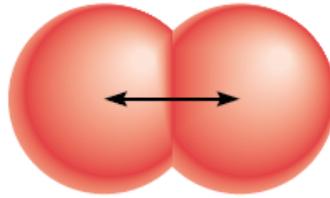
3. Carilah informasi mengenai aturan Slater dalam menentukan konstanta efek perisai!

B. Jari-jari Atom dan Ion

Jari-jari atom merupakan salah satu sifat periodisitas unsur yang sangat sistematis. Menurut Rutherford dan Bohr, jari-jari atom didefinisikan sebagai jarak dari inti atom ke elektron valensi. Akan tetapi berdasarkan teori mekanika kuantum kedudukan atau posisi elektron tidak dapat ditentukan dengan pasti. Elektron dalam suatu atom unsur hanya dapat didefinisikan dengan istilah probabilitas, maka sesungguhnya tidak ada batas nyata dalam suatu atom. Berdasarkan hal ini mana mungkin dapat mengukur jari-jari atom dengan pasti. Namun demikian, terdapat dua pendekatan untuk mendefinisikan jari-jari atom, yaitu jari-jari kovalen dan jari-jari Van der Waals.

Jari-jari kovalen

Perhatikan gambar berikut:

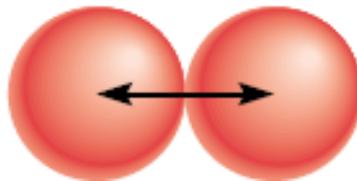


Gambar 1. Jari-jari kovalen

4. Berdasarkan gambar tersebut, definisikanlah jari-jari atom berdasarkan jari-jari kovalen!

Jari-jari Van der Waals

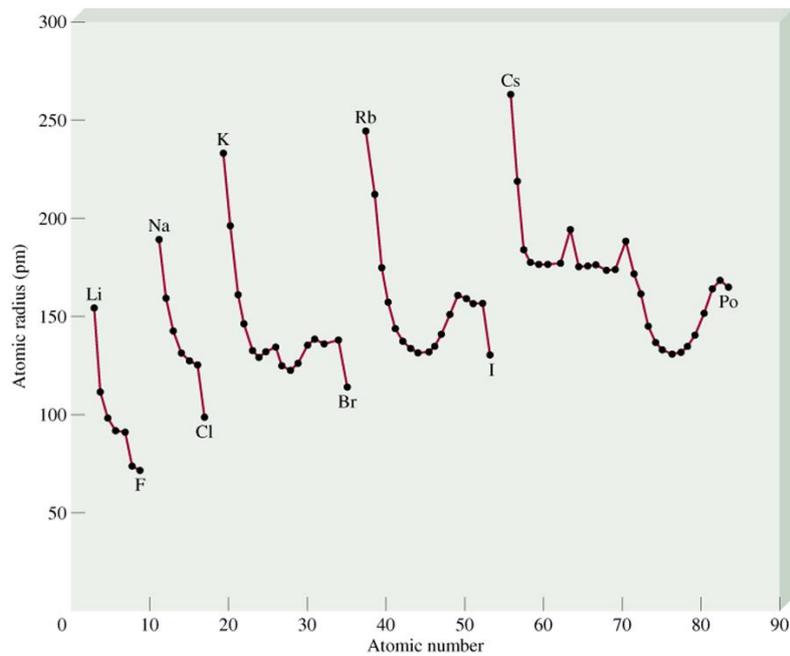
Perhatikan gambar berikut:



Gambar 2. Jari-jari Van der Waals

5. Berdasarkan gambar tersebut, definisikanlah jari-jari atom berdasarkan jari-jari Van der Waals

Perhatikan gambar berikut:



Gambar 3. Plot jari-jari atom unsur terhadap nomor atomnya

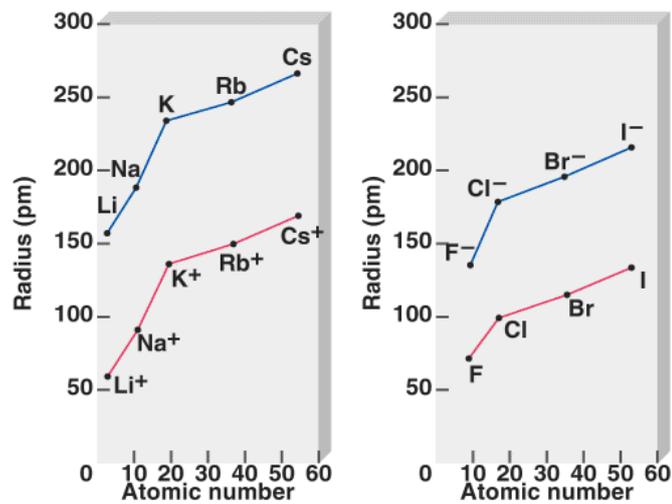
6. Berdasarkan gambar tersebut, bagaimanakah kecenderungan jari-jari atom dalam satu golongan? Jelaskan mengapa demikian! Kaitkan dengan muatan inti efektif
7. Berdasarkan gambar tersebut, bagaimanakah kecenderungan jari-jari atom dalam satu periode? Jelaskan mengapa demikian! Kaitkan dengan muatan inti efektif

Jari-jari ion

Dalam padatan senyawa ionik adalah mungkin mengukur jarak antara kation dan anion tetangganya.

8. Berdasarkan pengetahuan Anda ketika kuliah Senyawa Anorganik, definisikanlah jari-jari ion!

Perhatikan gambar berikut:



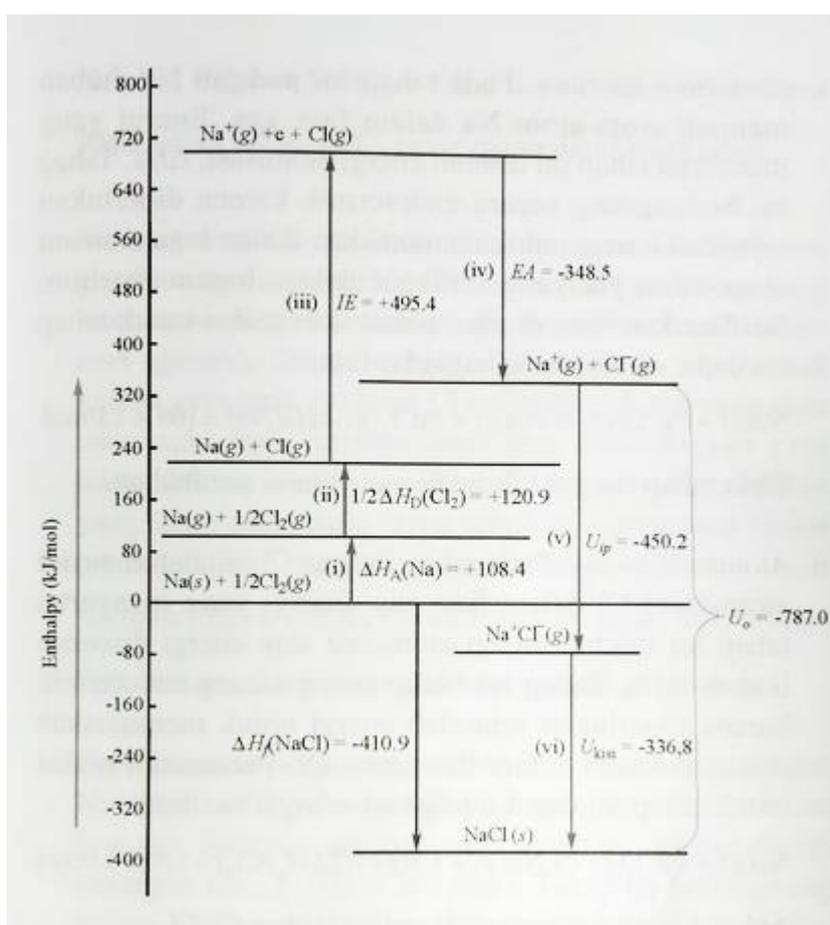
Gambar 4. Perbandingan jari-jari ion dengan jari-jari atom netralnya

9. Berdasarkan gambar tersebut, bagaimanakah ukuran jari-jari ion dibandingkan dengan jari-jari atom netralnya? Jelaskan mengapa demikian! Kaitkan dengan muatan inti efektif

C. Energi Ionisasi

Telah diuraikan di atas bahwa suatu atom netral dapat melepaskan satu atau lebih elektron valensi membentuk suatu kation. Proses penglepasan elektron bersifat endotermis, dengan kata lain dibutuhkan sejumlah energi. Hal ini karena elektron tertarik secara elektrostatis dengan inti atom sehingga energi harus ditambahkan untuk melepaskan elektron tersebut.

Perhatikan gambar berikut:



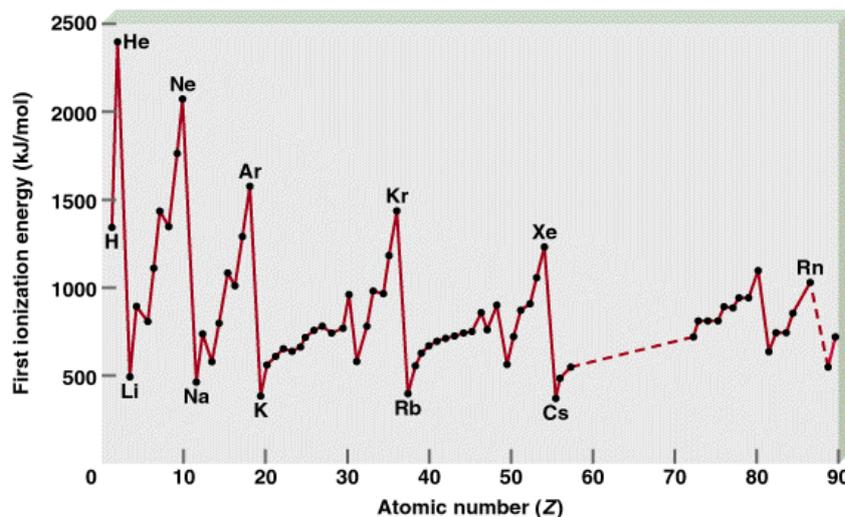
Gambar 5. Siklus Born-Haber dalam pembentukan padatan senyawa NaCl

Gambar di atas memperlihatkan tahapan-tahapan dalam pembentukan suatu padatan ionik, sebagai contoh pembentukan padatan senyawa NaCl.

10. Perhatikan tahapan (iii) dalam gambar tersebut! Kemukakan apa yang terjadi pada tahap tersebut?

Energi yang diperlukan untuk melepaskan satu elektron yang terikat paling lemah dari suatu atom netral dalam keadaan gas terisolasi didefinisikan sebagai energi ionisasi.

Perhatikan gambar berikut:



Gambar 6. Plot energi ionisasi pertama unsur terhadap nomor atomnya

11. Berdasarkan gambar tersebut, bagaimanakah kecenderungan energi ionisasi dalam satu golongan? Jelaskan mengapa demikian! Kaitkan dengan muatan inti efektif dan jari-jari atom

12. Berdasarkan gambar tersebut, bagaimanakah kecenderungan energi ionisasi dalam satu periode? Jelaskan mengapa demikian! Kaitkan dengan muatan inti efektif dan jari-jari atom

D. Afinitas Elektron

Hampir semua atom netral memiliki kapasitas untuk menerima elektron, paling tidak satu elektron tambahan.

13. Perhatikan tahapan (iii) dalam gambar tersebut! Kemukakan apa yang terjadi pada tahap tersebut?

Dewasa ini publikasi para kimiawan memandang afinitas elektron langsung dengan besaran termodinamik ΔH . Hal ini karena tidak semua spesi yang menerima elektron selalu membebaskan energi.

Misalnya untuk afinitas elektron pada oksigen.

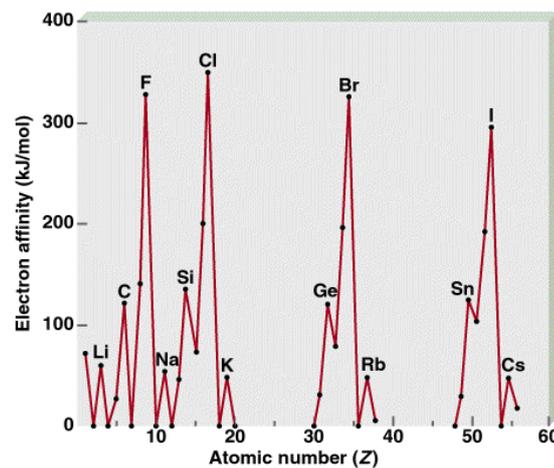


Dengan demikian afinitas elektron didefinisikan sebagai perubahan entalpi yang terjadi pada penambahan elektron ke dalam tiap mol atom atau ion dalam keadaan gas terisolasi.

Harga afinitas elektron beberapa unsur dan plot-nya terhadap nomor atom unsur disajikan dalam gambar berikut:

H					He	
- 73					48	
Li	Be				Ne	
- 60	48				116	
Na	Mg				Ar	
- 53	39				96	
K	Ca				Kr	
- 48	29				96	
Rb	Sr				Xe	
- 47	29				77	
		B	C	N	O	F
		- 27	-122	7	- 141	- 328
		Al	Si	P	S	Cl
		- 42	- 134	- 72	- 200	- 349
		Ga	Ge	As	Se	Br
		- 29	- 116	- 78	- 195	- 325
		In	Sn	Sb	Te	I
		- 29	- 116	- 103	- 190	- 295

Gambar 7. Harga afinitas elektron unsur-unsur



Gambar 8. Plot afinitas elektron unsur terhadap nomor atomnya

14. Berdasarkan gambar tersebut, bagaimanakah kecenderungan afinitas elektron dalam satu golongan? Jelaskan mengapa demikian! Kaitkan dengan muatan inti efektif dan jari-jari atom

15. Berdasarkan gambar tersebut, bagaimanakah kecenderungan afinitas elektron dalam satu periode? Jelaskan mengapa demikian! Kaitkan dengan muatan inti efektif dan jari-jari atom

E. Elektronegativitas

Jika dua atom identik berikatan, misalnya H_2 , keduanya mempunyai kemampuan menarik pasangan elektron sama besar, sehingga elektron terdistribusi secara merata antara kedua atom tersebut. Akan tetapi bila atom berbeda, misalnya HCl , pasangan elektron akan tertarik ke arah atom Cl karena atom Cl mempunyai kemampuan menarik elektron lebih besar. Berdasarkan hal tersebut, sekitar tahun 1930 Pauling memperkenalkan suatu konsep yang dikenalkan dengan elektronegativitas.

16. Carilah informasi mengenai definisi elektronegativitas!

Elektronegativitas berbeda dengan istilah energi ionisasi atau afinitas elektron yang mengacu pada atom bebas atau terisolasi (tidak dalam bentuk ikatan).

Elektronegativitas bukan besaran yang pasti yang dapat diukur. Harga relatif yang didefinisikan terhadap elektronegativitas unsur lain. Ada beberapa skala terkait harga elektronegatifan, di antaranya skala χ Mulliken, skala Pauling, skala Allred-Rochow, dan skala Sanderson.

17. Carilah informasi mengenai skala Mulliken, skala Pauling, dan skala Allred-Rochow terkait harga elektronegativitas!

Harga elektronegativitas unsur-unsur diperlihatkan pada gambar berikut:

										H							He
										2,10							5,50
										2,20							
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
0,98	1,57											2,04	2,55	3,04	3,44	3,98	
0,97	1,47											2,01	2,50	3,07	3,50	4,10	4,84
Na	Mg	+3	+2	+2	+2	+2	+2	+2	+2	+1	+2	Al	Si	P	S	Cl	Ar
0,93	1,31											1,61	1,90	2,19	2,58	3,16	
1,01	1,23											1,47	1,74	2,06	2,44	2,83	3,20
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
0,82	1,00	1,36	1,54	1,63	1,66	1,55	1,83	1,88	1,91	2,00	1,65	1,81	2,01	2,18	2,55	2,96	3,00
0,91	1,04	1,20	1,32	1,45	1,56	1,60	1,64	1,70	1,75	1,75	1,66	1,82	2,02	2,20	2,48	2,74	2,94
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
0,82	0,95	1,22	1,33	1,60	2,16	1,90	2,20	2,28	2,20	1,93	1,69	1,78	1,96	2,05	2,10	2,66	2,60
0,89	0,99	1,11	1,22	1,23	1,30	1,36	1,42	1,45	1,35	1,42	1,46	1,49	1,72	1,86	2,01	2,21	2,40
Cs	Ba	* Lu	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
0,79	0,89	1,27	1,30	1,50	2,36	1,90	2,20	2,20	2,28	2,54	2,00	2,04	2,33	2,02	2,00	2,20	
0,86	0,97	1,14	1,23	1,33	1,40	1,46	1,52	1,55	1,44	1,42	1,44	1,44	1,55	1,67	1,76	1,90	2,06
Fr	Ra	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
0,70	0,90																
0,86	0,97																
		+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3
*	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb			
	1,10	1,12	1,13	1,14		1,17		1,20		1,22	1,23	1,24	1,25				
	1,08	1,08	1,07	1,07	1,07	1,07	1,01	1,11	1,10	1,10	1,10	1,11	1,11	1,06			
*	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No			
	1,10	1,30	1,50	1,38	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30			
	1,00	1,11	1,14	1,22	1,22	1,22	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20			

Gambar 4.8. Harga elektronegativitas menurut skala Pauling (atas) dan Allred-Rochow (bawah)

18. Berdasarkan gambar tersebut, bagaimanakah kecenderungan elektronegativitas dalam satu golongan? Jelaskan mengapa demikian! Kaitkan dengan muatan inti efektif dan jari-jari atom

19. Berdasarkan gambar tersebut, bagaimanakah kecenderungan elektronegativitas dalam satu periode? Jelaskan mengapa demikian! Kaitkan dengan muatan inti efektif dan jari-jari atom

DISCUSS

1. Berapakah muatan inti efektif terhadap elektron valensi pada atom Ca dan Cu?

2. Bagaimanakah cara mengukur energi ionisasi?

3. Perhatikan data berikut:

Unsur Alkali	Li	Na	K	Rb	Cs
Energi Ionisasi Pertama (kJ/mol)	520,2	495,5	418,8	403,0	375,5
Energi Ionisasi Kedua (kJ/mol)	7298	4562	3052	2633	2234

Jelaskan mengapa EI pertama unsur alkali lebih kecil dibandingkan EI keduanya!

REFLECT

Presentasikan hasil pengerjaan kalian dengan santun untuk memperoleh tanggapan/konfirmasi dari teman kalian dan dosen!

LEMBAR KEGIATAN MAHASISWA 5

METODE PEMEROLEHAN/ISOLASI UNSUR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

أَتُونِي زُبَرَ الْحَدِيدِ حَتَّىٰ إِذَا سَاوَىٰ بَيْنَ الصَّدَفَيْنِ قَالَ انْفُخُوا لَّحْتِي إِذَا
جَعَلَهُ نَارًا قَالَ أَتُونِي أُفْرِغْ عَلَيْهِ قِطْرًا

Berilah aku potongan-potongan besi!” Hingga ketika (potongan) besi itu telah (terpasang) sama rata dengan kedua (puncak) gunung itu, dia (Zulkarnain) berkata, “Tiuplah (api itu)!” Ketika (besi) itu sudah menjadi (merah seperti) api, dia pun berkata, “Berilah aku tembaga (yang mendidih) agar kutuangkan ke atasnya (besi panas itu).” (Q.S Al Kahfi: 96).

الَّذِي جَعَلَ لَكُم مِّنَ الشَّجَرِ الْأَخْضَرِ نَارًا فَإِذَا أَنْتُمْ مِّنْهُ تُوقِدُونَ

yaitu (Allah) yang menjadikan api untukmu dari pohon yang hijau, maka seketika itu kamu nyalakan (api) dari kayu itu.” (Q.S Yaasiin:80).

ASK

Bacalah wacana berikut dengan cermat!

Wacana

Hampir semua unsur-unsur di bumi ditemukan dalam bentuk senyawanya. Akan tetapi, tak jarang juga dijumpai dalam bentuk unsur bebas yang saling bercampur satu sama lain. Perlu suatu metode untuk memperoleh/mengisolasi unsur sehingga didapatkan unsur bebas yang murni.

Ajukanlah hal-hal yang tidak kalian mengerti terkait wacana di atas?

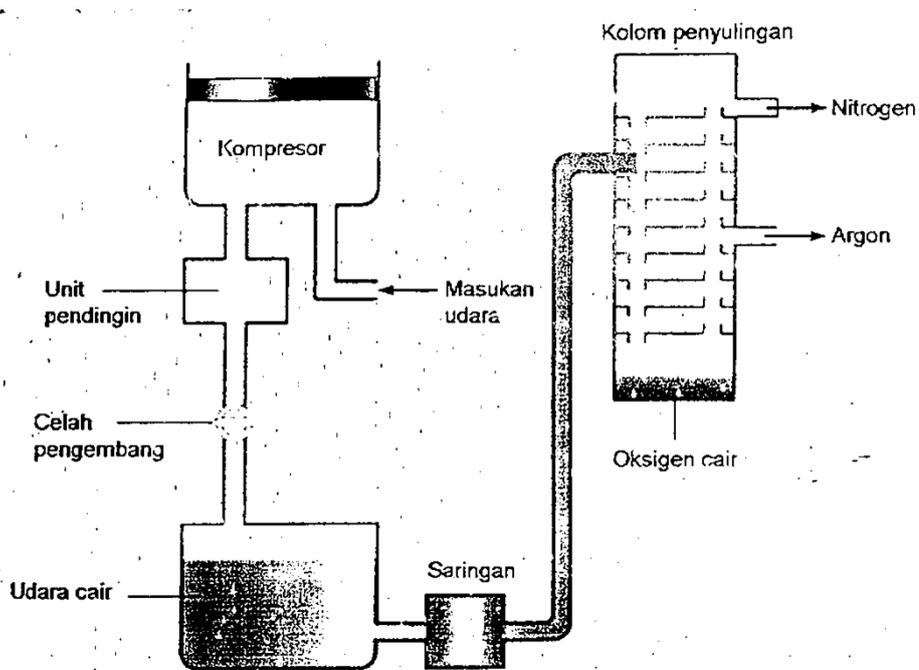
INVESTIGATE & CREATE

Pada suhu kamar, unsur-unsur ditemukan dalam fasa padat, cair, maupun gas. Seperti yang telah diuraikan bahwa hampir semua unsur-unsur di bumi ditemukan dalam bentuk senyawanya. Akan tetapi, tak jarang juga dijumpai dalam bentuk unsur bebas yang saling bercampur satu sama lain.

A. Metode Distilasi Bertingkat

1. Carilah informasi mengenai distilasi bertingkat dan prinsip pemisahannya!

Perhatikan gambar berikut:



Gambar 1. Bagan distilasi bertingkat pada pemisahan udara

2. Berdasarkan gambar tersebut, carilah informasi terkait proses pemisahan udara menggunakan metode distilasi bertingkat!

B. Metalurgi

Metalurgi didefinisikan sebagai ilmu dan teknologi untuk memperoleh sampai pengolahan mineral, secara umum mineral logam yang mencakup tahapan dari pengolahan bijih mineral, pemerolehan (ekstraksi) logam, sampai ke pengolahannya untuk menyesuaikan sifat-sifat dan perilakunya sesuai dengan yang dipersyaratkan dalam pemakaian untuk pembuatan produk rekayasa tertentu.

Secara garis besar, mineral diklasifikasikan menjadi delapan golongan (Klein & Hurlbut, 1993), yaitu:

- a. Unsur (native element), yang dicirikan oleh hanya memiliki satu unsur kimia, sifat dalam umumnya mudah ditempa dan/atau dapat dipintal, seperti emas, perak, tembaga, arsenik, bismuth, belerang, intan, dan grafit.
- b. Mineral sulfida atau sulfosalt, merupakan kombinasi antara logam atau semi-logam dengan belerang (S), misalnya galena (PbS), pirit (FeS_2), proustit (Ag_3AsS_3), dll
- c. Oksida dan hidroksida, merupakan kombinasi antara oksigen atau hidroksil/air dengan satu atau lebih macam logam, misalnya magnetit (Fe_3O_4), goethit (FeOOH).
- d. Haloid, dicirikan oleh adanya dominasi dari ion halogenida yang elektronegatif, seperti Cl, Br, F, dan I. Contoh mineralnya: halit (NaCl), silvit (KCl), dan fluorit (CaF_2).

- e. Nitrat, karbonat dan borat, merupakan kombinasi antara logam/semilogam dengan anion kompleks, karbonat, nitrat, atau borat. Contohnya: kalsit (CaCO_3), niter (NaNO_3), dan borak ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$).
 - f. Sulfat, kromat, molibdat, dan tungstat, dicirikan oleh kombinasi logam dengan anion sulfat, kromat, molibdat, dan tungstat. Contohnya: barit (BaSO_4), wolframit ($(\text{Fe},\text{Mn})\text{WO}_4$)
 - g. Fosfat, arsenat, dan vanadat, contohnya apatit ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$), vanadinit ($\text{Pb}_5\text{Cl}(\text{PO}_4)_3$)
 - h. Silikat, merupakan mineral yang jumlah meliputi 25% dari keseluruhan mineral yang dikenal atau 40% dari mineral yang umum dijumpai. Kelompok mineral ini mengandung ikatan antara Si dan O. Contohnya: kuarsa (SiO_2), zeolit-Na ($\text{Na}_6[(\text{AlO}_2)_6(\text{SiO}_2)_{30}] \cdot 24\text{H}_2\text{O}$).
3. Carilah informasi terkait tahapan pemerolehan bijih mineral!
4. Carilah informasi terkait tahapan pemrosesan bijih
- a. proses comminution (meliputi: crushing, screening, dan grinding) dan peralatannya

b. pengklasifikasian berdasarkan bentuk

5. Carilah informasi terkait tahapan dalam pemekatan bijih secara:

a. Floating

b. Sintering

c. Calcining

d. Roasting

6. Carilah informasi terkait tahapan ekstraksi dalam metalurgi:

a. Pirometalurgi

b. Hidrometalurgi

c. Elektrometalurgi

DISCUSS

1. Jelaskan fungsi kompresor pada proses pemisahan udara menggunakan metode distilasi bertingkat

2. Jelaskan perbedaan antara piro, hidro, dan elektrometalurgi

REFLECT

Presentasikan hasil pengerjaan kalian dengan santun untuk memperoleh tanggapan/konfirmasi dari teman kalian dan dosen!



Daftar Pustaka

- Syamsuri, M.M.F. & Fadiawati, N., (2018), Buku Ajar Prinsip-prinsip Kimia Anorganik. Pengantar Kimia Unsur Non Logam, Yogyakarta: Graha Ilmu.
- King, R.B. (2005). Encyclopedia of Inorganic Chemistry 2nd Edition. New York. Wiley Library.
- Greenwood, N. N. & Earnshaw, A. (1997). Chemistry of the Elements. Oxford. Butterworth-Heinemann.
- Huheey, J.E., Keiter, E.A., & Keiter, R.L. (1993). Inorganic Chemistry. Principle of Structure and Reactivity 4th Edition. New York. Harper Collins, Inc.
- Housecroft, C.E. & Sharpe, A. G. (2012). Inorganic Chemistry Third Edition. London. Prentice-Hall.
- Miessler, G.L. & Tarr, D.A. (1991). Inorganic Chemistry. London. Prentice-Hall.
- Priyana & Narsito. (1990). Kimia Anorganik (Diktat Proyek Pembinaan Tenaga Kependidikan Persiapan Perkuliahan Program Lanjutan MIPA LPTK). Fakultas MIPA UGM.
- Cotton, F.A. & Wilkinson, G. (1976). Basic Inorganic Chemistry. New York. John Wiley and Sons.
- Cotton, F.A. & Wilkinson, G. (1987). Advanced Inorganic Chemistry. New York. John Wiley and Sons.