



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN ANAK USIA DINI,
PENDIDIKAN DASAR DAN PENDIDIKAN MENENGAH
DIREKTORAT SEKOLAH MENENGAH ATAS
2020

Modul Pembelajaran SMA

KIMIA



KELAS
XII

Daftar Isi

Contents

Daftar Isi	2
Penyusun.....	3
Peta Konsep.....	4
Glosarium.....	5
Pendahuluan.....	6
A. Identitas Modul.....	6
B. Kompetensi Dasar	6
C. Deskripsi.....	6
D. Petunjuk Penggunaan Modul.....	6
E. Materi Pembelajaran	7
Kegiatan Pembelajaran 1	8
A. Tujuan Pembelajaran	8
B. Uraian Materi.....	8
C. Rangkuman Materi	16
D. Penugasan Mandiri	17
E. Latihan Soal.....	17
F. Penilaian Diri	19
Kegiatan Pembelajaran 2	20
A. Tujuan Pembelajaran	20
B. Uraian Materi.....	20
C. Rangkuman Materi	30
D. Penugasan Mandiri	30
E. Latihan Soal.....	31
F. Penilaian Diri	33
Evaluasi.....	34
Daftar Pustaka.....	37



UNSUR-UNSUR PERIODE 3 DAN TRANSISI PERIODE 4

KELAS XII

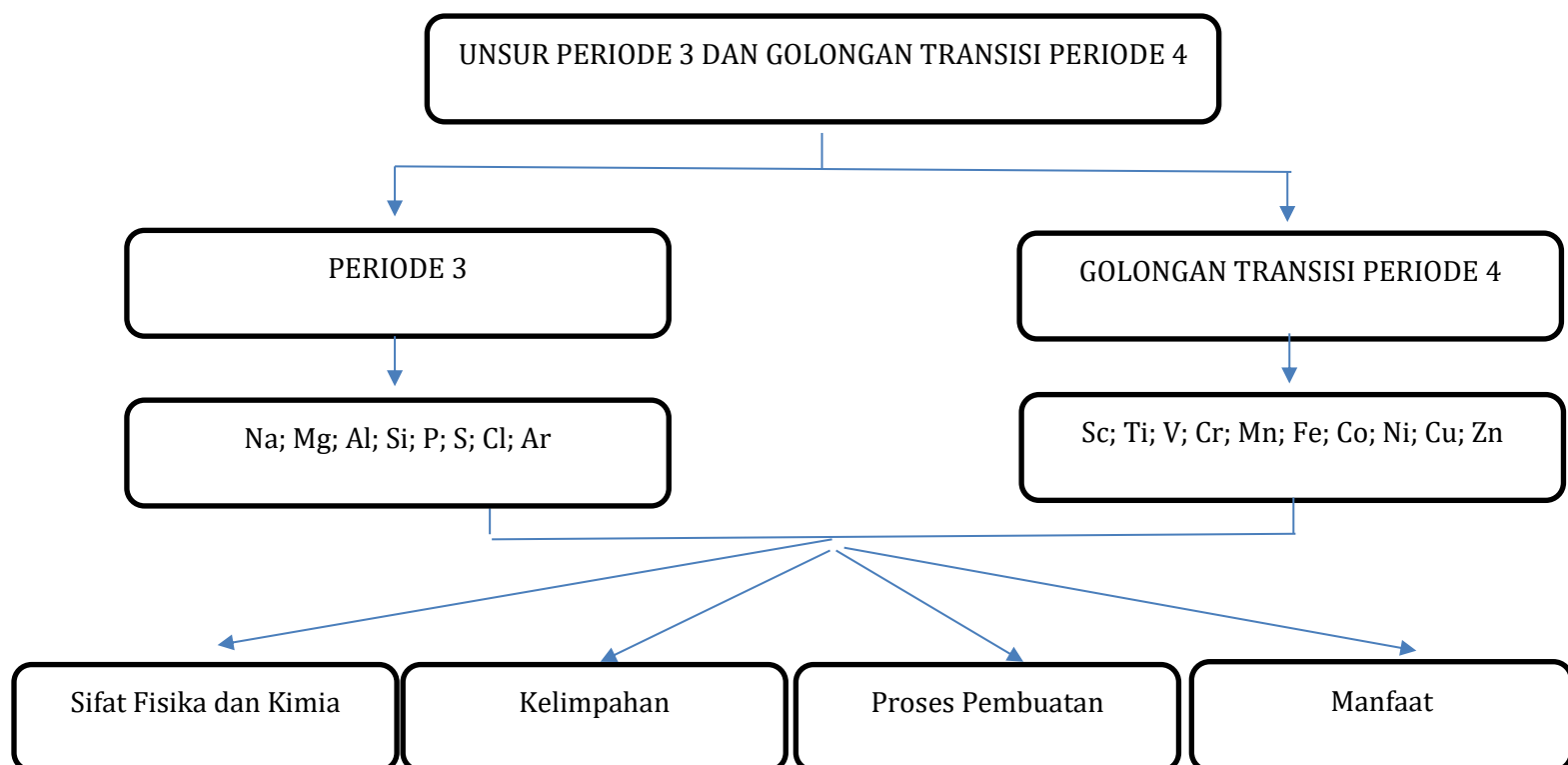
Penyusun

Wiwik Indah Kusumaningrum, S.Pd., M.Pd.

SMA Negeri 9 Semarang

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
DIREKTORAT JENDERAL PAUD, DIKDAS DAN DIKMEN
DIREKTORAT SEKOLAH MENENGAH ATAS
2020**

Peta Konsep



Glosarium

Diamagnetik	: Suatu keadaan di mana atom, molekul, atau ion dapat ditolak oleh medan magnet karena seluruh elektron pada orbital d-nya berpasangan.
Energi ionisasi	: Energi yang diperlukan untuk melepaskan elektron terluar suatu atom.
Flotasi	: pemekatan bijih dengan cara pengapungan
Ion kompleks	: yaitu suatu struktur dimana kation logam dikelilingi oleh dua atau lebih anion atau molekul netral yang disebut ligan.
Jari-jari atom	: Jarak dari inti atom sampai kulit terluar.
Kalkopirit	: Senyawa CuFeS_2 yang merupakan bijih besi tetapi secara ekonomis tidak layak untuk diambil besinya.
Keelektronegatifan	: kemampuan atau kecenderungan suatu atom untuk menangkap atau menarik elektron dari atom lain.
Kuarsa	: Dikenal juga sebagai pasir kuarsa, mempunyai rumus kimia SiO_2 .
Mineral	: Bahan-bahan alam yang mengandung unsur atau senyawa tertentu.
Paramagnetik	: Sifat suatu unsur atau senyawanya yang tertarik oleh medan magnet umumnya unsur tersebut mempunyai elektron yang belum berpasangan.
Silikat	: Merupakan polimer dari senyawa silikon yang sangat kompleks, dikenal dalam berbagai senyawa, misalnya asbes, mika, dan tanah liat. Banyak dimanfaatkan untuk membuat kaca, semen, dan keramik.
Tanur	: Bilik untuk sistem pembakaran tempat berlangsungnya pengeringan, pemijaran, atau pembakaran.
Unsur Transisi	: Unsur yang terdapat pada blok d sistem periodik unsur-unsur. Sekelompok unsur yang mempunyai sekurang-kurangnya sebuah ion dengan subkulit d belum penuh.

Pendahuluan

A. Identitas Modul

Mata Pelajaran : Kimia
Kelas : XII/ Semester Gasal
Alokasi waktu : 4 jam pelajaran (2 x pertemuan)
Judul Modul : Unsur-unsur Periode 3 dan Golongan Transisi (Periode 4)

B. Kompetensi Dasar

- 3.8. Menganalisis kelimpahan, kecenderungan sifat fisika dan kimia, manfaat, dan proses pembuatan unsur-unsur periode 3 dan golongan transisi (periode 4)
- 4.8. Menyajikan data hasil penelusuran informasi sifat dan pembuatan unsur-unsur Periode 3 dan unsur golongan transisi (periode 4).

C. Deskripsi

Apa kabar peserta didik yang hebat? Semoga Ananda selalu sehat dan semangat dalam kondisi . apapun ya. Aamiin. Selamat berjumpa Kembali di modul pembelajaran Kimia.

Pada kehidupan sehari-hari tentu sering Ananda jumpai unsur-unsur kimia khususnya yang termasuk dalam unsur periode 3 atau golongan transisi (periode 4). Misalnya adalah unsur silikon dan belerang (periode 3) atau tembaga dan besi (golongan transisi periode 4). Tentu Ananda ingin mengetahui lebih lanjut informasi tentang unsur-unsur periode 3 dan golongan transisi (periode 4) tersebut kan?

Dalam modul ini akan dibahas tentang unsur-unsur periode 3 dan golongan transisi (periode 4) yang meliputi kelimpahannya, kecenderungan sifat fisika dan kimia, manfaat dan proses pembuatannya. Mari kita pelajari bersama-sama .

D. Petunjuk Penggunaan Modul

Modul ini terbagi menjadi 2 (dua) Kegiatan Pembelajaran, yaitu :

Kegiatan Pembelajaran I : Unsur-unsur Periode 3

Kegiatan Pembelajaran II : Unsur-unsur Golongan Transisi (Periode 4)

Setiap kegiatan pembelajaran akan dibahas tentang 4 (empat) materi yaitu :

- Pertama : Sifat Fisika dan Sifat Kimia Unsur
- Kedua : Kelimpahan di Alam
- Ketiga : Proses Pembuatan Unsur
- Keempat : Manfaat

Agar modul ini dapat digunakan secara maksimal maka Ananda diharapkan melakukan langkah- langkah sebagai berikut :

1. Pelajari dan pahami peta materi yang disajikan dalam modul
2. Pelajari dan pahami tujuan yang tercantum dalam setiap kegiatan pembelajaran
3. Pelajari uraian materi secara sistematis dan mendalam dalam setiap kegiatan pembelajaran.
4. Lakukan uji kompetensi di setiap akhir kegiatan pembelajaran untuk menguasai tingkat penguasaan materi.
5. Diskusikan dengan guru atau teman jika mengalami kesulitan dalam pemahaman materi. Lanjutkan pada modul berikutnya jika sudah mencapai ketuntasan yang diharapkan.

E. Materi Pembelajaran

Pada modul ini Ananda akan belajar mengenai materi-materi berikut :

1. Unsur-unsur Periode 3
 - a. Kecenderungan sifat fisika dan kimia unsur-unsur periode 3.
 - b. Kelimpahan unsur-unsur periode 3 di alam.
 - c. Proses pembuatan unsur-unsur periode 3.
 - d. Manfaat unsur-unsur periode 3.
2. Unsur-unsur Golongan Transisi (Periode 4)
 - a. Kecenderungan sifat fisika dan kimia unsur-unsur Golongan Transisi (Periode 4).
 - b. Kelimpahan unsur-unsur Golongan Transisi (Periode 4) di alam.
 - c. Proses pembuatan unsur-unsur Golongan Transisi (Periode 4).
 - d. Manfaat unsur-unsur Golongan Transisi (Periode 4).

Kegiatan Pembelajaran 1

A. Tujuan Pembelajaran

Setelah membaca dan mengikuti langkah-langkah atau arahan pada modul ini diharapkan Ananda dapat :

1. Menganalisis kecenderungan sifat fisika dan kimia unsur-unsur periode 3.
2. Menganalisis kelimpahan unsur-unsur periode 3 di alam.
3. Menganalisis proses pembuatan unsur-unsur periode 3.
4. Menganalisis manfaat unsur-unsur periode 3.
5. Menyajikan data hasil penelusuran informasi sifat unsur-unsur Periode 3.
6. Menyajikan data hasil penelusuran informasi pembuatan unsur-unsur Periode 3.

B. Uraian Materi

UNSUR-UNSUR PERIODE 3

Pada saat Ananda mempelajari materi Sistem Periodik Unsur di Kelas X tentu Ananda sudah tahu unsur-unsur apa saja yang termasuk dalam unsur periode 3. Iya benar, unsur-unsur periode 3 terdiri dari Natrium (Na), Magnesium (Mg), Silikon (Si), Phosphor (P); Sulfur (S), klor (Cl), dan Argon (Ar). Di Kelas XII ini kita akan mempelajari lebih dalam tentang unsur-unsur periode 3 ini. Bacalah dan pahami informasi tentang unsur-unsur periode 3 yang meliputi sifat fisik dan kimia, kelimpahan, proses pembuatan, dan manfaat pada uraian berikut.

1) Sifat Fisika dan Kimia

Sifat fisika unsur periode 3 dapat Ananda lihat pada tabel 1 berikut:

Tabel 1. Sifat-sifat Fisis Unsur Periode 3

Sifat-sifat Fisis Unsur Periode 3		
Unsur	Wujud	Warna
Natrium	Padat tapi lunak dan ringan	Silver
Magnesium	Padat agak keras dan sangat ringan	Silver
Aluminium	Padat keras	Silver
Silikon	Padat sangat keras	Silver
Phospor	Padat agak keras	Merah dan putih
Sulfur	Padat rapuh	Kuning
Klor	Gas	Hijau Muda
Argon	Gas	Tidak berwarna

Sumber : <https://vdokumen.com/kimia-unsur-periode-3.html>

Data sifat fisik masing-masing unsur periode 3 juga bisa Ananda baca pada informasi berikut.

a. Natrium



Sifat Fisis

Nomor atom	: 11
Konfigurasi e^-	: $[\text{Ne}] 3s^1$
Massa Atom relatif	: 22,98977
Jari-jari atom	: 2,23 Å
Titik Didih	: 892 °C
Titik Lebur	: 495 °C
Elektronegatifitas	: 1
Energi Ionisasi	: 495 kJ/mol
Tingkat Oks. Max	: 1+
Struktur Atom	: Kristal
	Logam
Wujud	: Padat

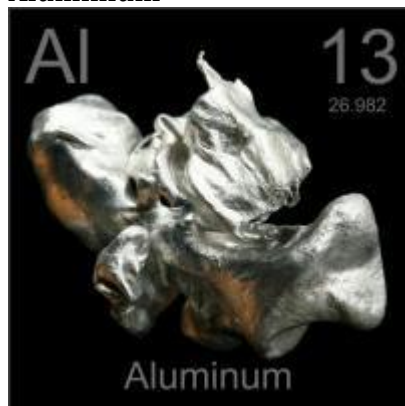
b. Magnesium



Sifat Fisis

Nomor atom	: 12
Konfigurasi e^-	: $[\text{Ne}] 3s^2$
Massa Atom relatif	: 24,305
Jari-jari atom	: 1,72 Å
Titik Didih	: 1107 °C
Titik Lebur	: 651 °C
Elektronegatifitas	: 1,25
Energi Ionisasi	: 738 kJ/mol
Tingkat Oks. Max	: 2+
Struktur Atom	: Kristal
	Logam
Wujud	: Padat

c. Aluminium



Sifat Fisis

Nomor atom	: 13
Konfigurasi e^-	: $[\text{Ne}] 3s^2 3p^1$
Massa Atom relatif	: 26,98154
Jari-jari atom	: 1,82 Å
Titik Didih	: 2467 °C
Titik Lebur	: 660 °C
Elektronegatifitas	: 1,45
Energi Ionisasi	: 577 kJ/mol
Tingkat Oks. Max	: 3+
Struktur Atom	: Kristal
	Logam
Wujud	: Padat

d. Silikon



Sifat Fisis

Nomor atom	: 14
Konfigurasi e^-	: $[\text{Ne}] 3s^2 3p^2$
Massa Atom relatif	: 28,0855
Jari-jari atom	: 1,46 Å
Titik Didih	: 2355 °C
Titik Lebur	: 1410 °C
Elektronegatifitas	: 1,74
Energi Ionisasi	: 787 kJ/mol
Tingkat Oks. Max	: 4+
Struktur Atom	: Kristal
	: Kovalen
	: raksasa
Wujud	: Padat

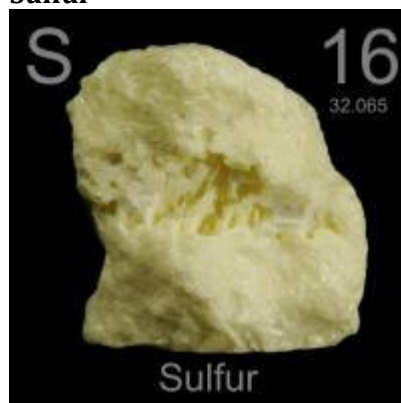
e. Phosphor



Sifat Fisis

Nomor atom	: 15
Konfigurasi e^-	: $[\text{Ne}] 3s^2 3p^3$
Massa Atom relatif	: 30,97376
Jari-jari atom	: 1,23 Å
Titik Didih	: 280 °C
Titik Lebur	: 44 °C
Elektronegatifitas	: 2,05
Energi Ionisasi	: 1060 kJ/mol
Tingkat Oks. Max	: 5+
Struktur Atom	: molekul
	: Poliatom
Wujud	: Padat

f. Sulfur



Sifat Fisis

Nomor atom	: 16
Konfigurasi e^-	: $[\text{Ne}] 3s^2 3p^4$
Massa Atom relatif	: 32,066
Jari-jari atom	: 1,09 Å
Titik Didih	: 445 °C
Titik Lebur	: 119 °C
Elektronegatifitas	: 2,45
Energi Ionisasi	: 1000 kJ/mol
Tingkat Oks. Max	: 6+
Struktur Atom	: molekul
	: poliatom
Wujud	: Padat

g. Chlor



Sifat Fisis

Nomor atom	: 17
Konfigurasi e^-	: $[\text{Ne}] 3s^2 3p^5$
Massa Atom relatif	: 35,4527
Jari-jari atom	: 0,97 Å
Titik Didih	: -35 °C
Titik Lebur	: -101 °C
Elektronegatifitas	: 2,85
Energi Ionisasi	: 1260 kJ/mol
Tingkat Oks. Max	: 7+
Struktur Atom	: molekul diatom
Wujud	: gas

h. Argon



Sifat Fisis

Nomor atom	: 18
Konfigurasi e^-	: $[\text{Ne}] 3s^2 3p^6$
Massa Atom relatif	: 39,948
Jari-jari atom	: 0,88 Å
Titik Didih	: -186 °C
Titik Lebur	: -189 °C
Elektronegatifitas	: -
Energi Ionisasi	: 1520 kJ/mol
Tingkat Oks. Max	: -
Struktur Atom	: molekul monoatom
Wujud	: gas

Sumber : <https://kimiaini.wordpress.com/2014/12/14/unsur-unsur-periode-ketiga/>

Di kelas X Ananda juga sudah mempelajari tentang sifat-sifat keperiodikan unsur. Sifat-sifat keperiodikan unsur-unsur periode 3 seperti jari-jari atom, energi ionisasi, dan keelektronegatifan juga kita bahas pada modul ini. Selain sifat-sifat fisika, masing-masing unsur periode 3 juga memiliki sifat-sifat kimia yang khas.

Kecenderungan sifat fisika dan kimia unsur-unsur periode 3 tersebut bisa Ananda lihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Sifat Fisika dan Kimia Unsur Periode 3

Sifat \ Unsur	¹¹ Na	¹² Mg	¹³ Al	¹⁴ Si	¹⁵ P	¹⁶ S	¹⁷ Cl
Konfigurasi elektron	[Ne] 3s ¹	[Ne] 3s ²	[Ne] 3s ² 3p ¹	[Ne] 3s ²	[Ne] 3s ² 3p ³	[Ne] 3s ² 3p ⁴	[Ne] 3s ² 3p ⁵
Jari-jari atom			←				
	makin besar sesuai arah panah						
Keelektronegatifan					→		
				makin besar sesuai arah panah			
Kelogaman	Logam			Semi-logam	Bukan logam		
Oksidator/reduktor	Reduktor	←					Oksidator
		makin besar sesuai arah panah					
Konduktor/isolator	Konduktor			Isolator			
Oksidasi utama	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	Cl ₂ O ₇
Ikatan	Ion			Kovalen			
Sifat oksida	Basa		Amfoter	Asam			
Hidroksida	NaOH	Mg(OH) ₂	Al(OH) ₃	H ₂ SiO ₃	H ₃ PO ₄	H ₂ SO ₄	HClO ₄
Kekuatan basa/asam	Basa kuat	Basa lemah	Basa lemah	Asam lemah	Asam lemah	Asam kuat	Asam kuat
Klorida	NaCl	MgCl ₂	AlCl ₃	SiCl ₄	PCl ₅	SCl ₂	Cl ₂
Ikatan	Ion			Kovalen			
Senyawa dengan hidrogen	NaH	MgH ₂	AlH ₃	SiH ₄	PH ₃	H ₂ S	HCl
Ikatan	Ion	Kovalen					
Reaksi dengan air	Menghasilkan bau dan gas H ₂			Tidak bersifat asam		Asam lemah	Asam kuat

Sumber : Budi Utami, dkk (2009 : 70)

Jika Ananda perhatikan pada tabel 2, Argon (Ar) tidak dicantumkan pada kolom di table. Hal ini dikarenakan Ar bersifat radioaktif yang berbeda dengan unsur-unsur periode 3 lainnya.

Dari tabel 2 Ananda dapat melihat bahwa sifat fisika **keelektronegatifan unsur-unsur periode 3 semakin ke kanan semakin besar**, hal ini diakibatkan oleh jari-jari atomnya yang semakin ke kanan semakin kecil. Kekuatan ikatan antaratom dalam logam meningkat (dari Na ke Al). Hal ini berkaitan dengan penambahan elektron valensinya. Silikon merupakan semikonduktor/isolator karena termasuk metaloid. Unsur ini mempunyai ikatan kovalen yang sangat besar, begitu juga dengan fosfor, belerang, dan klorin yang merupakan isolator karena termasuk unsur nonlogam (Sumber: www.chem-is-try.org).

Sifat kimia juga dapat Ananda lihat di Tabel 1 bahwa natrium merupakan reduktor terkuat, sedangkan klorin merupakan oksidator terkuat. Meskipun natrium, magnesium, dan aluminium merupakan reduktor kuat, tetapi kereaktifannya berkurang dari Na ke Al. Sedangkan silikon merupakan reduktor yang sangat lemah, jadi hanya dapat bereaksi dengan oksidator-oksidator kuat, misalnya klorin dan oksigen.

Di lain pihak selain sebagai reduktor, fosfor juga merupakan oksidator lemah yang dapat mengoksidasi reduktor kuat, seperti logam aktif. Sedangkan belerang yang mempunyai daya reduksi lebih lemah daripada fosfor ternyata mempunyai daya pengoksidasi lebih kuat daripada fosfor. Sementara klorin

dapat mengoksidasi hampir semua logam dan nonlogam karena klorin adalah oksidator kuat.

Ananda tercinta, dari tabel 1 juga dapat dilihat hidroksida unsur-unsur periode ketiga, yaitu NaOH , Mg(OH)_2 , Al(OH)_3 , H_2SiO_3 , H_3PO_4 , H_2SO_4 , dan HClO_4 . Sifat hidroksida unsur-unsur periode ketiga tergantung pada energi ionisasinya. Hal ini dapat dilihat dari jenis ikatannya. Jika ikatan $\text{M} - \text{OH}$ bersifat ionik dan hidroksidanya bersifat basa karena akan melepas ion OH^- dalam air, maka energi ionisasinya rendah. Tetapi jika ikatan $\text{M} - \text{OH}$ bersifat kovalen dan tidak lagi dapat melepas ion OH^- , maka energi ionisasinya besar.

Dari tabel 1 juga dapat dilihat bahwa NaOH tergolong basa kuat dan mudah larut dalam air, Mg(OH)_2 lebih lemah daripada NaOH tetapi masih termasuk basa kuat. Namun Al(OH)_3 bersifat amfoter, artinya dapat bersifat asam sekaligus basa. Hal ini berarti bila Al(OH)_3 berada pada lingkungan basa kuat, maka akan bersifat sebagai asam, sebaliknya jika berada pada lingkungan asam kuat, maka akan bersifat sebagai basa. Sedangkan H_2SiO_3 atau Si(OH)_4 , merupakan asam lemah dan tidak stabil, mudah terurai menjadi SiO_2 dan H_2O . Begitu pula dengan H_3PO_4 atau P(OH)_5 yang juga merupakan asam lemah. Sementara H_2SO_4 atau S(OH)_6 merupakan asam kuat, begitu juga HClO_4 atau Cl(OH)_7 yang merupakan asam sangat kuat (Sumber: www.chem-is-try.org).

2) Kelimpahan

Ananda tercinta, keberadaan unsur-unsur periode 3 di alam tidak terdapat dalam bentuk unsur tunggalnya tapi dalam bentuk senyawa mineralnya (kecuali S dan Ar). Pada tabel berikut dapat Ananda ketahui informasi tentang % massa unsur periode 3 di kulit bumi serta nama-nama senyawa mineralnya. Kelimpahan atau keberadaan unsur periode 3 di kulit bumi disajikan pada tabel 3 berikut.

Tabel 3. Kelimpahan Unsur Periode 3 di Kulit Bumi

Unsur	% Massa	Mineral
Natrium	2,7	sendawa chili (NaNO_3), kriolit (Na_3AlF_6), bijih silikat (Na_2SiO_3).
Magnesium	1,9	dolomit ($\text{MgCO}_3 \cdot \text{CaCO}_3$), magnesit (MgCO_3), asbestor ($\text{CaMg}_3(\text{SiO}_3)_4$), garam inggris ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)
Aluminium	7,6	Kryolit (Na_3AlF_6), Bauksit ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$), Kaolin/Tanah Liat ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), Tawas $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$
Silikon	25,8	Silika (pasir, kuarsa), silikat (liat, mika)
Phosphor	0,1	Fosforit $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, Apatit $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaF}_2$
Sulfur	< 0,1	FeS_2 (pirit), ZnS (sfaterit), PbS (galenit), CaSO_4 (gips), BaSO_4 (barit)
Klor	0,2	Senyawa halite (NaCl), silvite (KCl), MgCl_2 dan CaCl_2
Argon	< 0,1	Tidak ada

Dari tabel 3 tersebut, manakah yang kelimpahan di kulit bumi paling besar?

3) Proses Pembuatan

a) Natrium

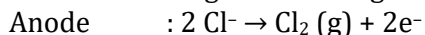
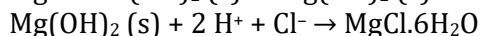
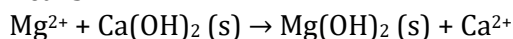
Perlu Ananda ketahui bahwa Natrium merupakan unsur alkali dengan daya reduksi paling rendah, dengan sumber utamanya adalah halit (umumnya dalam bentuk NaCl). Pembuatan natrium dapat dilakukan dengan **proses Downs**, yaitu elektrolisis lelehan NaCl. Air asin yang mengandung NaCl diuapkan sampai kering kemudian padatan yang terbentuk dihancurkan untuk kemudian dilelehkan. Sedangkan untuk mengurangi biaya pemanasan, NaCl (titik lebur 801 °C) dicampur dengan 1½ bagian CaCl₂ untuk menurunkan suhu lebur hingga 580 °C (Martin S. Silberberg, 2000: 971).

b) Magnesium

Magnesium dapat diperoleh melalui **proses Downs**:

- Magnesium diendapkan sebagai magnesium hidroksida dengan menambahkan Ca(OH)₂ ke dalam air laut.
- Tambahkan asam klorida untuk mendapatkan kloridanya, yang kemudian diperoleh kristal magnesium klorida (MgCl₂·6H₂O).
- Elektrolisis leburan kristal magnesium dengan terlebih dahulu menambahkan magnesium klorida yang mengalami hidrolisis sebagian ke campuran leburan natrium dan kalsium klorida. Hal ini dilakukan untuk menghindari terbentuknya MgO saat kristal MgCl₂·6H₂O dipanaskan.
- Magnesium akan terbentuk pada katode.

Reaksi:



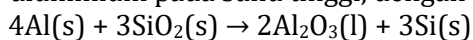
(Sri Lestari, 2004: 30).

c) Aluminium

Aluminium diperoleh dari elektrolisis bauksit yang dilarutkan dalam kriolit cair. Proses ini dikenal dengan **proses Hall Heroult**. Pada proses ini bauksit ditempatkan dalam tangki baja yang dilapisi karbon dan berfungsi sebagai katode. Adapun anode berupa batang-batang karbon yang dicelupkan dalam campuran.

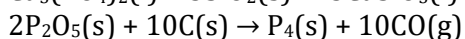
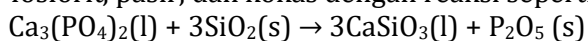
d) Silikon

Silikon dapat dibuat dari **reduksi SiO₂ murni** dengan serbuk aluminium pada suhu tinggi, dengan reaksi seperti berikut.



e) Phosphor

Phosphor dibuat dalam **tanur listrik** dengan memanaskan fosforit, pasir, dan kokas dengan reaksi seperti berikut.



Dalam proses ini dihasilkan phosphor kuning. Adapun phosphor merah dihasilkan dengan jalan memanaskan phosphor kuning pada suhu 250 °C tanpa udara.

f) Sulfur

Pembuatan belerang pertama kali dikembangkan pada tahun 1904 oleh Frasch yang mengembangkan cara untuk mengekstrak belerang yang dikenal dengan **cara Frasch**. Pada Gambar 4.8 Pompa Frasch Sumber: Kamus Kimia Bergambar Unsur-Unsur Utama 85 proses ini pipa logam berdiameter 15 cm yang memiliki dua pipa konsentrik yang lebih kecil ditanam sampai menyentuh lapisan belerang. Uap air yang sangat panas dipompa dan dimasukkan melalui pipa luar, sehingga belerang meleleh, selanjutnya dimasukkan udara bertekanan tinggi melalui pipa terkecil, sehingga terbentuk busa belerang yang keluar mencapai 99,5%.

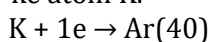
g) Klor

Klorin dapat dibuat menggunakan beberapa cara, yaitu:

- Proses Deacon (oksidasi)
HCl dicampur dengan udara, kemudian dialirkan melalui CuCl_2 yang bertindak sebagai katalis. Reaksi terjadi pada suhu $\pm 430^\circ\text{C}$ dan tekanan 20 atm.
- Elektrolisis larutan NaCl menggunakan diafragma.
- Elektrolisis lelehan NaCl
-

h) Argon

Argon dapat diperoleh dari atmosfer/udara bebas secara destilasi fraksional pada udara cair atau dengan mengemisikan positron / elektron ke atom K.



isotop Ar dengan proton 40.

4) Manfaat

Setelah Ananda mengetahui proses pembuatan unsur-unsur periode 3, berikut informasi kegunaan atau manfaat unsur-unsur periode 3 atau senyawanya dalam kehidupan sehari-hari.

Tabel 3. Kegunaan Unsur Periode 3 dan Senyawanya

Unsur	Kegunaan/ Manfaat
Natrium	✓ Dipakai dalam pembuatan ester ✓ NaCl digunakan oleh hampir semua makhluk ✓ Na-benzoat dipakai dalam pengawetan makanan ✓ Na-glutamat dipakai untuk penyedap makanan ✓ Isi dari lampu kabut dalam kendaraan bermotor ✓ NaOH dipakai untuk membuat sabun, deterjen, kertas ✓ NaHCO_3 dipakai sebagai pengembang kue ✓ Memurnikan logam K, Rb, Cs ✓ NaCO_3 Pembuatan kaca dan pemurnian air sadah
Magnesium	Untuk aliase (magnalium), digunakan untuk kerangka pesawat terbang dan lampu kilat dalam fotografi.
Aluminium	Untuk peralatan rumah tangga misal piring, mangkok, dan sendok; untuk membuat rangka dari

	mobil dan pesawat terbang; sebagai bahan cat aluminium (serbuk aluminium dengan minyak cat).
Silikon	✓ Bahan bakar pada pembuatan jenis-jenis gelas atau kaca. ✓ Bahan-bahan solar sel. ✓ Sebagai semikonduktor ✓ sebagai bahan baku pada kalkulator, transistor, komputer, dan baterai solar. ✓ SiO₂ digunakan untuk menggosok batu kaca, logam-logam untuk pembuatan ampelas dan untuk pembuatan cat tahan udara.
Phosphor	✓ Bahan untuk membuat pupuk superfosfat. ✓ Bahan untuk membuat korek api.
Sulfur	✓ Sebagai bahan baku pembuatan asam sulfat H₂SO₄ (Proses Kontak dan Proses Kamar Timbal). ✓ Obat pemberantas jamur dan untuk memasak getah karet dan getah perca.
Klor	Sebagai desinfektan (Ca(OCl) ₂), pemutih NaClO digunakan dalam industri kertas dan industri tekstil sebagai pengelantang, sebagai pemusnah kuman, dan untuk pembuatan kapur klor, brom, dan zat warna organik.
Argon	✓ Sebagai pengisi bola lampu karena Argon tidak bereaksi dengan kawat lampu ✓ Dipakai dalam industri logam sebagai inert saat pemotongan dan proses lainnya ✓ Untuk membuat lapisan pelindung pada berbagai macam proses ✓ Untuk mendeteksi sumber air tanah ✓ Dipakai dalam roda mobil mewah

C. Rangkuman Materi

1. Unsur-unsur periode ketiga dari natrium ke argon, sifat logamnya berkurang atau sifat nonlogamnya bertambah.
2. Variasi sifat-sifat unsur dalam satu periode dapat dijelaskan berdasarkan struktur elektron atom dan energi ionisasinya.
3. Sifat pengoksidasi unsur-unsur periode ketiga, dari natrium ke argon, makin bertambah. Sebaliknya, sifat pereduksi mereka makin berkurang.
4. Sifat asam senyawa hidroksida unsur-unsur periode makin bertambah dari natrium sampai klor atau sebaliknya sifat basanya makin berkurang.
5. Perubahan sifat reduktor dan oksidator unsur-unsur periode ketiga sepanjang periode dapat dijelaskan berdasarkan energi ionisasi dan struktur elektronnya.
6. Unsur-unsur periode ketiga terdapat di alam dalam keadaan terikat, kecuali belerang dan argon.
7. Kerapatan muatan Al³⁺ berpengaruh terhadap:
 - a. Sifat ikatan ion/kovalen aluminium oksida dan sifat amfoternya.
 - b. Polarisasi anion.
8. Aluminium oksida dan aluminium bersifat amfoter.
9. Unsur-unsur periode 3 dapat diperoleh melalui proses yang berbeda-beda. Natrium dan Magnesium melalui proses Down, Aluminium melalui proses Hall Heroult, Silikon melalui reduksi SiO₂ murni, Phosphor menggunakan tanur

listrik, Sulfur melalui proses Frasch dan Klor melalui proses elektrolisis dan proses Deacon.

10. Unsur-unsur periode 3 maupun senyawanya banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari

D. Penugasan Mandiri

Agar Ananda semakin memahami tentang materi Unsur-unsur Periode 3, lakukanlah kegiatan berikut ini secara mandiri

1. Buatlah gambar grafik tentang kecenderungan sifat fisika dan kimia dari unsur-unsur periode 3 !
 2. Buatlah tabel tentang proses pembuatan unsur-unsur periode 3 !
- Kedua tugas mandiri tersebut silakan Ananda kerjakan di buku tulis masing-masing. Kurun waktu pengerjaan tugas mandiri adalah selama satu minggu.

E. Latihan Soal

Pilihlah jawaban yang paling tepat !

1. Empat unsur periode ketiga, yaitu : P, Mg, Cl, dan Na. Urutan unsur-unsur tersebut dari yang paling kecil sifat pereduksinya sampai yang paling besar adalah...
 - A. Na, Cl, Mg, P
 - B. Cl, P, Mg, Na
 - C. Cl, P, Na, Mg
 - D. P, Cl, Na, Mg
 - E. Na, Mg, P, Cl
2. Unsur-unsur periode ketiga di alam terdapat dalam bentuk senyawa kecuali unsur belerang yang bebas, karena belerang...
 - A. Memiliki bentuk dua alotrop
 - B. Terletak pada perubahan sifat molekul raksasa menuju molekul sederhana
 - C. Mempunyai sifat afinitas elektron yang besar
 - D. Mempunyai nilai energi ionisasi yang kecil
 - E. Membentuk molekul sangat stabil
3. Tiga senyawa hidroksida unsur periode ketiga yang bersifat asam, dari yang paling lemah sampai yang paling kuat adalah...
 - A. $\text{Al}(\text{OH})_3$, $\text{Si}(\text{OH})_2$, $\text{PO}(\text{OH})_3$
 - B. $\text{PO}(\text{OH})_3$, $\text{SO}_2(\text{OH})_2$, $\text{ClO}_3(\text{OH})$
 - C. $\text{ClO}_3(\text{OH})$, $\text{SO}_2(\text{OH})_2$, $\text{Mg}(\text{OH})_2$
 - D. $\text{Si}(\text{OH})_2$, $\text{SO}_2(\text{OH})_2$, $\text{Mg}(\text{OH})_2$
 - E. $\text{ClO}_3(\text{OH})$, $\text{PO}(\text{OH})_3$, $\text{SO}_2(\text{OH})_2$
4. Tiga buah unsur periode ketiga yang semuanya diperoleh melalui elektrolisis adalah...
 - A. Natrium, argon, magnesium
 - B. Magnesium, aluminium, argon
 - C. Natrium, magnesium, aluminium
 - D. Aluminium, silikon, klor
 - E. Aluminium, klor, magnesium
5. Dengan naiknya nomor atom unsur-unsur periode ketiga pada sistem periodik unsur, maka sifat periodiknya yang bertambah adalah...
 - A. Sifat reduktor
 - B. Sifat basa
 - C. Jari-jari atom
 - D. Sifat konduktor

- E. Energi ionisasi
6. Unsur-unsur periode 3 terdiri atas Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, dan Ar. Berdasarkan konfigurasi elektronnya, maka
- Na, Mg, dan Al adalah unsur nonlogam
 - Oksida dari Si bersifat basa dalam air
 - Hidroksida dari P, S, dan Cl cenderung membentuk asam
 - Klor bersifat pereduksi kuat
 - Jari-jari atom Ar paling besar
7. Tabel keteraturan sifat unsur dari kiri ke kanan dalam satu periode adalah sebagai berikut

No	Sifat Fisis	Sifat Kimia
1	Energi ionisasi bertambah	Sifat basa berkurang
2	Afinitas elektron berkurang	Sifat oksidator bertambah
3	Jari-jari atom berkurang	Sifat logam bertambah
4	Keelektronegatifan bertambah	Sifat reduktor bertambah
5	Massa atom bertambah	Sifat asam berkurang

Sifat yang tepat untuk unsur-unsur periode ketiga adalah

- 1
 - 2
 - 3
 - 4
 - 5
8. Unsur periode ketiga yang paling banyak terdapat pada kulit bumi adalah.....
- Oksigen
 - Aluminium
 - Silikon
 - Natrium
 - Magnesium
9. Pengolahan aluminium secara industri dilakukan dengan cara elektrolisis lelehan Al_2O_3 dalam kriolit cair dengan menggunakan elektroda grafit (karbon). Kriolit berfungsi menurunkan titik leleh Al_2O_3 dari 2000 °C menjadi 1000°C melalui reaksi berikut:
- $$\text{Al}_2\text{O}_3(\text{l}) \rightarrow 2 \text{Al}^{3+} + 3 \text{O}^{2-}$$
- Katode : $2 \text{Al}^{3+} + 6 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{Al}(\text{l})$
- Anode : $2 \text{O}^{2-} \rightarrow 3/2 \text{O}_{2(\text{g})} + 6 \text{e}^-$
- Reaksi sel : $\text{Al}_2\text{O}_{3(\text{l})} \rightarrow 2 \text{Al}(\text{l}) + 3/2 \text{O}_{2(\text{g})}$
- Nama proses pembuatan/pengolahan aluminium tersebut adalah....
- kamar timbal
 - kontak
 - Haber-Bosch
 - tanur tinggi
 - Hall
10. Kegunaan unsur silikon periode ketiga adalah ...
- Untuk bahan korek api
 - Untuk pembuatan komponen elektronik (semi konduktor dan diode)
 - Pembuatan pupuk
 - Sebagai bahan dasar pembuatan asam sulfat
 - Sebagai bahan peledak

Kunci Jawaban :

- | | |
|------|-------|
| 1. B | 6. C |
| 2. E | 7. A |
| 3. B | 8. C |
| 4. C | 9. E |
| 5. E | 10. B |

F. Penilaian Diri

Berilah tanda centang (v) pada kolom “Ya” jika kalian mampu dan “Tidak” jika belum mampu memahami kemampuan berikut:

No.	Kemampuan Diri	Ya	Tidak
1.	Mampu menganalisis kecenderungan sifat fisika dan kimia unsur-unsur periode 3.		
2.	Mampu menganalisis kelimpahan unsur-unsur periode 3 di alam.		
3.	Mampu menganalisis proses pembuatan unsur-unsur periode 3.		
4.	Mampu menganalisis manfaat unsur-unsur periode 3.		
5.	Mampu menyajikan data hasil penelusuran informasi sifat unsur periode 3.		
6.	Mampu menyajikan data hasil penelusuran informasi pembuatan unsur periode 3.		

Kegiatan Pembelajaran 2

A. Tujuan Pembelajaran

Setelah membaca dan mengikuti langkah-langkah atau arahan pada modul ini diharapkan Ananda dapat :

1. Menganalisis kecenderungan sifat fisika dan kimia unsur-unsur golongan transisi (periode 4).
2. Menganalisis kelimpahan unsur-unsur golongan transisi (periode 4) di alam.
3. Menganalisis proses pembuatan unsur-unsur golongan transisi (periode 4).
4. Menganalisis manfaat unsur-unsur golongan transisi (periode 4).
5. Menyajikan data hasil penelusuran informasi sifat unsur-unsur golongan transisi (periode 4).
6. Menyajikan data hasil penelusuran informasi pembuatan unsur-unsur golongan transisi (periode 4).

B. Uraian Materi

UNSUR GOLONGAN TRANSISI PERIODE 4

Ananda yang hebat, pada bagian ini Ananda akan belajar tentang unsur-unsur golongan transisi (periode 4). Karena golongan transisi semuanya berupa logam, maka Ananda juga bisa menyebutnya sebagai golongan logam transisi periode 4. Dalam Kegiatan Pembelajaran 2 ini kita akan belajar kembali tentang unsur-unsur golongan transisi periode 4 yang meliputi kecenderungan sifat fisika dan kimianya, kelimpahannya, proses pembuatannya, dan manfaat atau kegunaannya.

1. Sifat Fisika dan Kimia

Tentu Ananda sudah mengetahui bahwa unsur logam transisi periode 4 pada Sistem Periodik Unsur (SPU) berada pada blok d, sehingga akan mempunyai elektron valensi yang berada pada sub kulit nd dan $(n-1)s$. Agar Ananda dapat mengingat Kembali, perhatikanlah konfigurasi elektron logam transisi periode 4 pada tabel 1 berikut.

Tabel 1. Konfigurasi Elektron Logam Transisi Periode 4

	IIIB	IVB	VB	VIB	VIIIB				IB	IIB
Periode 4	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn
Konfigurasi elektron	[Ar] $3d^1 4s^2$	[Ar] $3d^2 4s^2$	[Ar] $3d^3 4s^2$	[Ar] $3d^5 4s^1$	[Ar] $3d^5 4s^2$	[Ar] $3d^6 4s^2$	[Ar] $3d^7 4s^2$	[Ar] $3d^8 4s^2$	[Ar] $3d^{10} 4s^1$	[Ar] $3d^{10} 4s^2$

Konfigurasi elektron dan kedudukan elektron valensi logam transisi periode 4 menentukan kecenderungan sifat fisika dan kimia dari unsur tersebut. Sifat fisika logam transisi periode 4 dapat Ananda lihat pada tabel 2.

Tabel 2. Sifat Fisika Golongan Transisi Periode 4

Sifat Fisis	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn
Titik didih (°C)	2.836	3.287	3.407	2.671	2.061	2.861	2.927	2.913	2.562	907
Titik leleh (°C)	1.541	1.668	1.910	1.907	1.246	1.538	1.495	1.455	1.085	420
Energi ionisasi (kJ/mol)	631	658	650	653	717	759	758	737	745	906
Jari-jari ion (Å)	1,61	1,45	1,32	1,25	1,24	1,24	1,25	1,25	1,28	1,33
Konfigurasi elektron	2.8.9.2	2.8.10.2	2.8.11.2	2.8.13.1	2.8.13.2	2.8.14.2	2.8.15.2	2.8.16.2	2.8.18.1	2.8.18.2
Keelektonegatifan	1,3	1,5	1,6	1,6	1,5	1,8	1,8	1,8	1,9	1,6
Kerapatan (g/cm ³)	2,99	4,51	6,1	7,27	7,30	7,86	8,9	8,9	8,92	7,1

Ananda tercinta, berikut ini penjabaran dari beberapa sifat fisika unsur logam transisi periode 4. Silakan dibaca dan dipahami baik-baik.

1) Sifat Logam

Kecuali seng logam-logam transisi memiliki elektron-elektron yang berpasangan. Hal ini lebih memungkinkan terjadinya ikatan-ikatan logam dan ikatan kovalen antaratom logam transisi. Ikatan kovalen tersebut dapat terbentuk antara elektron-elektron yang terdapat pada orbital d. Dengan demikian, kisi kristal logam-logam transisi lebih sukar dirusak dibanding kisi kristal logam golongan utama. Itulah sebabnya logam-logam transisi memiliki sifat keras, kerapatan tinggi, dan daya hantar listrik yang lebih baik dibanding logam golongan utama.

2) Titik Leleh dan Titik Didih

Unsur-unsur transisi umumnya memiliki titik leleh dan titik didih yang tinggi karena ikatan antaratom logam pada unsur transisi lebih kuat. Titik leleh dan titik didih seng jauh lebih rendah dibanding unsur transisi periode keempat lainnya karena pada seng orbital d-nya telah terisi penuh sehingga antaratom seng tidak dapat membentuk ikatan kovalen.

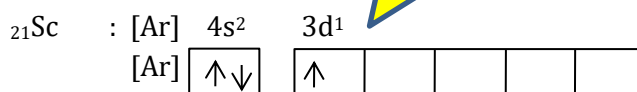
3) Sifat Magnetik

Jenis sifat magnetik ada 3 :

- *paramagnetik*, di mana atom, molekul, atau ion sedikit dapat ditarik oleh medan magnet karena **ada elektron yang tidak berpasangan pada orbital d-nya.**

Contoh :

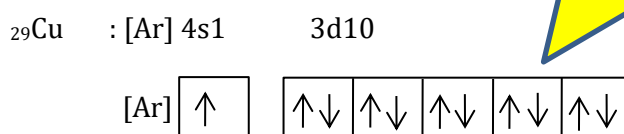
Ada satu elektron yang tidak berpasangan pada orbital d



- *diamagnetik*, di mana atom, molekul, atau ion dapat ditolak oleh medan magnet karena **seluruh elektron pada orbital d-nya berpasangan**.

Contoh :

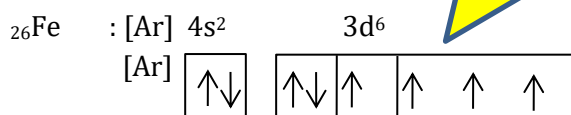
Seluruh elektron pada orbital d berpasangan



- *feromagnetik*, yaitu kondisi yang sama dengan *paramagnetik* hanya saja dalam keadaan padat.

Contoh :

Ada empat elektron yang tidak berpasangan pada orbital d



Logam Sc, Ti, V, Cr, dan Mn bersifat *paramagnetik*, sedangkan Cu dan Zn bersifat *diamagnetik*. Untuk Fe, Co, dan Ni bersifat *feromagnetik*. (Brady, 1990: 698).

4) Jari-Jari Atom

Tidak seperti periode ketiga, jari-jari atom unsur-unsur transisi periode keempat tidak teratur dari kiri ke kanan. Hal ini dipengaruhi oleh banyaknya elektron-elektron 3d yang saling tolak-menolak yang dapat memperkecil gaya tarik inti atom terhadap elektron-elektron. Akibatnya elektron-elektron akan lebih menjauhi inti atom, sehingga jari-jari atomnya lebih besar.

5) Ion Berwarna

Tingkat energi elektron pada unsur-unsur transisi yang hampir sama menyebabkan timbulnya warna pada ion-ion logam transisi. Hal ini terjadi karena elektron dapat bergerak ke tingkat yang lebih tinggi dengan mengabsorpsi sinar tampak. Pada golongan transisi, subkulit 3d yang belum terisi penuh menyebabkan elektron pada subkulit itu menyerap energi cahaya, sehingga elektronnya tereksitasi dan memancarkan energi cahaya

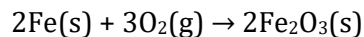
dengan warna yang sesuai dengan warna cahaya yang dapat dipantulkan pada saat kembali ke keadaan dasar. Misalnya Ti^{2+} berwarna ungu, Ti^{4+} tidak berwarna, Co^{2+} berwarna merah muda, Co^{3+} berwarna biru, dan lain sebagainya.

Sifat kimia golongan transisi periode 4 dapat Anda lihat dari penjabaran berikut.

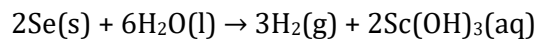
1) Kereaktifan

Dari data potensial elektroda, unsur-unsur transisi periode keempat memiliki harga potensial elektroda negatif kecuali Cu ($E^\circ = +0,34$ volt). Ini menunjukkan logam-logam tersebut dapat larut dalam asam kecuali tembaga.

Kebanyakan logam transisi dapat bereaksi dengan unsur-unsur nonlogam, misalnya oksigen, dan halogen.



Skandium dapat bereaksi dengan air menghasilkan gas hidrogen.



2) Pembentukan Ion Kompleks

Semua unsur transisi dapat membentuk ion kompleks, yaitu suatu struktur dimana kation logam dikelilingi oleh dua atau lebih anion atau molekul netral yang disebut ligan. Antara ion pusat dengan ligan terjadi ikatan kovalen koordinasi, dimana ligan berfungsi sebagai basa Lewis (penyedia pasangan elektron).

Contoh: $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$; $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$; $[\text{Cr}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2]^+$

Senyawa unsur transisi umumnya berwarna. Hal ini disebabkan perpindahan elektron yang terjadi pada pengisian subkulit d dengan pengabsorpsi sinar tampak. Senyawa Sc dan Zn tidak berwarna.

2. Kelimpahan di Alam

Unsur logam transisi periode 4 terdapat di alam dalam bentuk mineralnya. Anda bisa membaca informasi tentang mineral-mineral tersebut pada bagian berikut.

- **Skandium (Sc),**

Skandium (Sc) terdapat dalam mineral torvetit (Sc_2SiO_7).

- **Titanium (Ti),**

Unsur ini terdapat dalam mineral rutil (TiO_2) yang terdapat dalam bijih besi sebagai ilmenit (FeTi_2O_3) dan *ferrotitanate* (FeTiO_3) juga terdapat dalam karang, silikat, bauksit batubara, dan tanah liat.

- **Vanadium (V),**

Vanadium terdapat dalam senyawa karnotit (K-uranil-vanadat) $[(\text{K}_2(\text{UO}_2)_2(\text{VO}_4)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O})]$, dan vanadinit ($\text{Pb}_5(\text{VO}_4)_3\text{Cl}$).

- **Kromium (Cr),**

Bijih utama dari kromium di alam adalah kromit ($\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$) dan sejumlah kecil dalam kromoker.

- **Mangan (Mn),**

Bijih utamanya berupa pirulosit (batu kawi) (MnO_2), dan rodokrosit (MnCO_3) dan diperkirakan cadangan Mn terbesar terdapat di dasar lautan.

- **Besi (Fe)**

Besi (Fe) adalah unsur yang cukup melimpah di kerak bumi (sekitar 6,2% massa kerak bumi). Besi jarang ditemukan dalam keadaan bebas di alam. Besi umumnya ditemukan dalam bentuk mineral (bijih besi), seperti hematite (Fe_2O_3), siderite (FeCO_3), dan magnetite (Fe_3O_4).

- **Kobalt (Co)**

Kobalt terdapat di alam sebagai arsenida dari Fe, Co, Ni, dan dikenal sebagai smaltit, kobaltit (CoFeAsS) dan eritrit $\text{Co}_3(\text{AsO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$.

- **Nikel (Ni)**

Nikel ditemukan dalam beberapa senyawa berikut ini.

1. Sebagai senyawa sulfida : penladit (FeNiS), milerit (NiS)
2. Sebagai senyawa arsen : smaltit (NiCOFeAs_2)
3. Sebagai senyawa silikat : garnierit (Ni.MgSiO_3)

- **Tembaga (Cu)**

Tembaga umumnya ditemukan dalam bentuk senyawanya, yaitu bijih mineral, seperti Pirit tembaga (kalkopirit) CuFeS_2 , bornit (Cu_3FeS_3), kuprit (Cu_2O), melakonit (CuO), malasit ($\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu(OH)}_2$).

- **Seng (Zn)**

Seng (Zn) terdapat di alam sebagai senyawa sulfida seperti seng blende (ZnS), sebagai senyawa karbonat kelamin (ZnCO_3), dan senyawa silikat seperti hemimorfit ($\text{ZnO} \cdot \text{ZnSiO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$).

Secara mudah Ananda dapat melihat nama-nama mineral yang mengandung unsur logam transisi periode 4 pada tabel 3 berikut.

Tabel 4. Mineral Logam Transisi Periode 4

No	Logam	Mineral	Komposisi
1	Scandium 	Torvetit	Sc_2SiO_7
2	Titanium 	Rutil	TiO_2
		Ilminet	FeTiO_3

3	Vanadium 	Vanadit	$\text{Pb}_3(\text{VO}_4)_2$
4	Kromium 	Kromit	FeCr_2O_4
5	Mangan 	Pirolusit	MnO_2
6	Besi 	Hematit Magnetit Pirit Siderit	Fe_2O_3 Fe_3O_4 FeS FeCO_3
7	Kobalt 	Smaltit Kobaltit	CoAs_2 CoAsS

8	Nikel 	Nikelit	NiS
9	Tembaga 	Kalkosit Kalkofirit Malasit	Cu_2S CuFeS $\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$
10	Seng 	Spalerit	ZnS

3. Proses Pembuatan

Proses pembuatan masing-masing logam transisi periode 4 dapat Anda baca pada paparan berikut.

- **Skandium (Sc)**

Dibuat dengan elektrolisis cairan ScCl_3 yang dicampurkan dengan klorida-klorida lain.

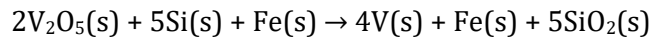
- **Titanium (Ti)**

Salah satu metode yang digunakan dalam proses pembuatan titanium adalah Metode Kroll yang banyak menggunakan klor dan karbon. Hasil reaksinya adalah titanium tetraklorida yang kemudian dipisahkan dengan besi triklorida dengan menggunakan proses distilasi. Senyawa titanium tetraklorida, kemudian direduksi oleh magnesium menjadi logam murni. Udara dikeluarkan agar logam yang dihasilkan tidak dikotori oleh unsur oksigen dan nitrogen. Sisa reaksi adalah antara magnesium dan magnesium diklorida yang kemudian dikeluarkan dari hasil reaksi menggunakan air dan asam klorida sehingga meninggalkan spons titanium. Spon ini akan mencair di bawah tekanan helium

atau argon yang pada akhirnya membeku dan membentuk batangan titanium murni.

- **Vanadium (V)**

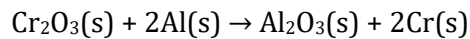
Freonadium (logam campuran dengan besi) dihasilkan dari reduksi V_2O_5 dengan campuran silikon (Si) dan besi (Fe), reaksinya:



Senyawa SiO_2 ditambah dengan CaO menghasilkan suatu terak yaitu bahan yang dihasilkan selama pemurnian logam.

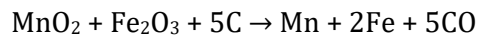
- **Krom (Cr)**

Logam krom dibuat menurut proses goldschmidt dengan jalan mereduksi Cr_2O_3 dengan logam aluminium. Reaksinya:



- **Mangan (Mn)**

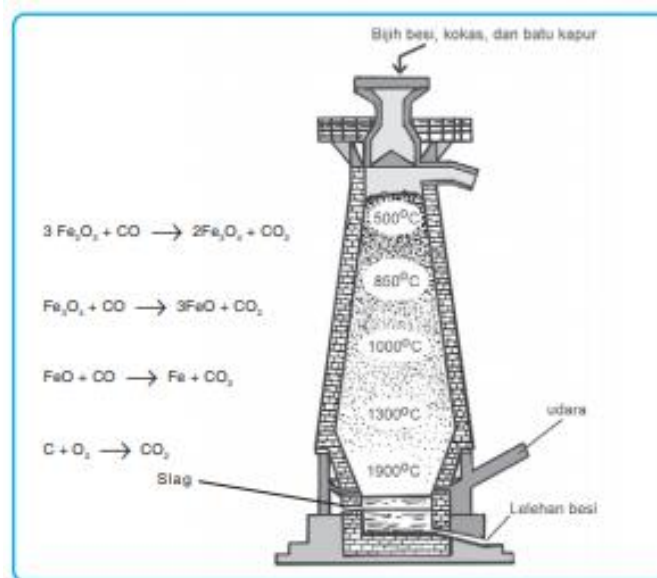
Pembuatan feromangan dilakukan dengan mereduksi MnO_2 dengan campuran besi oksida dan karbon. Reaksinya:



- **Besi (Fe)**

Besi diperoleh dari bijih besi dengan cara mereduksi bijih dalam tanur (tungku). Bahan-bahan yang diperlukan meliputi:

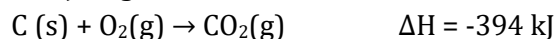
- a. bijih besi (hematit) Fe_2O_3 sebagai bahan baku,
- b. batu kapur $CaCO_3$ untuk mengikat zat pengotor,
- c. kokas (C) sebagai reduktor,
- d. udara untuk mengoksidasi C menjadi CO .



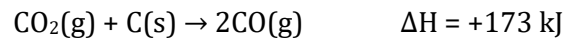
Gambar Tungku Pengolahan Besi

Proses yang terjadi pada pembuatan besi:

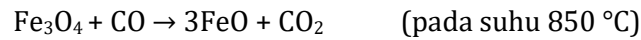
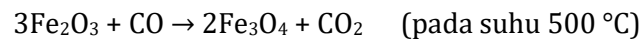
- a. Bahan-bahan (biji besi, batu kapur, dan kokas) dimasukkan ke dalam tungku dari puncak tanur.
- b. Udara panas dialirkan melalui dasar tanur sehingga mengoksidasi karbon menjadi gas CO_2 .



- c. Kemudian gas CO_2 bergerak naik dan bereaksi lagi dengan kokas menjadi CO .

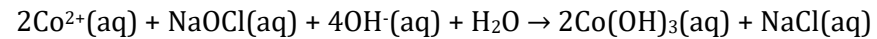


- d. Gas CO yang terjadi mereduksi bijih besi secara bertahap menjadi besi.



- **Kobalt (Co)**

Unsur Kobalt diproduksi Ketika hidroksida hujan, akan timbul (NaOCl). Berikut reaksinya :



$\text{Co}(\text{OH})_3$ yang dihasilkan kemudian dipanaskan untuk membentuk oksida dan kemudian ditambah dengan karbon sehingga terbentuklah unsur kobalt metal.

- **Nikel (Ni)**

Proses pembuatan nikel adalah melalui proses berikut :

- ✓ Pengeringan di tanur pengering
- ✓ Kalsinasi dan reduksi di tanur
- ✓ Peleburan di tanur listrik
- ✓ Pengkayaan di tanur pemurni
- ✓ Granulasi dan pengemasan

- **Tembaga (Cu)**

Tembaga diperoleh dari bijih kalkopirit CuFeS_2 melalui beberapa tahap, yaitu:

- a) Pengapungan (flotasi)
- b) Pemanggang
- c) Reduksi
- d) Elektrolisis

Bagan pengolahan tembaga seperti berikut.



- **Seng (Zn)**

Pembuatan logam seng dilakukan dengan pemanggangan seng sulfida (ZnS) kemudian oksida seng direduksi dengan karbon pijar.

4. Manfaat

Kegunaan atau manfaat unsur transisi periode 4 dalam kehidupan sehari-hari diberikan pada tabel 5.

Tabel 5. Kegunaan Unsur Transisi Periode 4 dan Senyawanya

Unsur	Manfaat/ Kegunaan
Skandium (Sc)	Penggunaan utamanya dari segi isi padu adalah aloi aluminium-skandium untuk industri aeroangkasa dan juga untuk peralatan sukan (basikal, bet besbol, senjata api, dan sebagainya) yang memerlukan bahan berprestasi tinggi. Apabila dicampur dengan aluminium.
Titanium (Ti)	Titanium digunakan sebagai badan pesawat terbang dan pesawat supersonik, karena pada temperatur tinggi tidak mengalami perubahan kekuatan (<i>strenght</i>).
Vanadium (V)	Vanadium untuk membuat peralatan yang membutuhkan kekuatan dan kelenturan yang tinggi seperti per mobil dan alat mesin berkecepatan tinggi, Umumnya digunakan untuk paduan dengan logam lain seperti baja tahan karat dan baja untuk peralatan
Krom (Cr)	Khromium digunakan untuk mengeraskan baja, pembuatan baja tahan karat dan membentuk banyak alloy (logam campuran) yang berguna. Digunakan untuk katalis dan untuk pewarna gelas. Suatu senyawa kromium yang indah sekali adalah jamrud (emerald). Batu permata ini terbentuk jika sebagian ion aluminium dalam mineral beril, $\text{Be}_3\text{Al}_2(\text{Si}_6\text{O}_{18})$ diganti oleh ion kromium (III). Krom juga digunakan untuk membuat aliase, misalnya nikrom (15% Cr, 60% Ni, dan 25% Fe). Aliase ini digunakan untuk tahanan kawat pada alat-alat pemanas, stainless steel (72% Fe, 19%Cr, 9% Ni).
Mangan (Mn)	Pada produksi baja, Mn berpartisipasi pada pemurnian besi melalui reaksi dengan belerang dan oksigen dengan memindahkannya melalui pembentukan terak. Fungsi yang lain adalah untuk meningkatkan kekerasan baja. Baja yang mengandung Mn dengan proporsi besar bersifat sangat keras dan tahan lama. Oleh karena itu digunakan dalam kereta api dan mesin-mesin bulldoser.
Besi (Fe)	Sebagai bahan utama pembuatan baja. Misalnya baja stainless steel (campuran 72% Fe, 19% Cr, dan 9% Ni). Adapun manfaat baja adalah $\text{Fe}(\text{OH})_3$ digunakan untuk bahan cat seperti cat minyak, cat air, atau cat tembok. Fe_2O_3 sebagai bahan cat dikenal nama meni besi, digunakan juga untuk mengkilapkan kaca. FeSO_4 digunakan sebagai bahan tinta.
Kobalt (Co)	Kobalt yang dicampur dengan besi, nikel, dan logam lainnya untuk membuat alnico, alloy dengan kekuatan

	magnet luar biasa untuk berbagai keperluan. Alloy stellite, mengandung kobalt, khromium, dan wolfram, yang bermanfaat untuk peralatan berat, peralatan yang digunakan pada suhu tinggi, maupun peralatan yang digunakan pada kecepatan yang tinggi.
Nikel (Ni)	Digunakan sebagai komponen pemanas listrik (nikrom) yang merupakan campuran dari Ni, Fe, dan Cr. Perunggu-nikel digunakan untuk uang logam. Perak Jerman (paduan Cu, Ni, Zn) digunakan untuk barang perhiasan. Pembuatan aloi, <i>battery electrode</i> , dan keramik, dll Nikel digunakan untuk aloi, misalnya baja stainless, monel (65% Ni dan 35% Cu), alnico, dan nikrom.
Tembaga (Cu)	Banyak digunakan sebagai kabel jaringan listrik karena sifatnya yang menghantarkan listrik. Tembaga juga digunakan untuk membuat pipa ledeng. Alloy tembaga dan emas digunakan untuk membuat perhiasan
Seng (Zn)	Digunakan untuk melapisi besi dan baja untuk mencegah karat. Zink juga digunakan dalam alloy misalnya brass (tembaga dan zink).

C. Rangkuman Materi

- Unsur-unsur transisi periode keempat mempunyai sifat-sifat yang khas. Sifat-sifat khas unsur transisi periode keempat antara lain:
 - Bersifat logam, maka sering disebut logam transisi.
 - Bersifat logam, maka mempunyai bilangan oksidasi positif dan pada umumnya lebih dari satu.
 - Banyak di antaranya dapat membentuk senyawa kompleks.
 - Pada umumnya senyawanya berwarna.
 - Beberapa di antaranya dapat digunakan sebagai katalisator
- Pada sistem periodik unsur, yang termasuk dalam golongan transisi adalah unsur-unsur golongan B, dimulai dari IB – VIIB dan VIII. Sesuai dengan pengisian elektron pada subkulitnya, unsur ini termasuk unsur blok d, yaitu unsur-unsur dengan elektron valensi yang terletak pada subkulit d dalam konfigurasi elektronnya.
- Beberapa kegunaan unsur-unsur transisi, antara lain:
 - Skandium, digunakan pada lampu intensitas tinggi.
 - Titanium, digunakan pada industri pesawat terbang dan industri kimia (pemutih kertas, kaca, keramik, dan kosmetik).
 - Vanadium, digunakan sebagai katalis pada pembuatan asam sulfat.
 - Kromium, digunakan sebagai plating logam-logam lainnya.
 - Mangan, digunakan pada produksi baja dan umumnya alloy mangan-besi.
 - Kobalt, digunakan untuk membuat aloi logam.
 - Nikel, digunakan untuk melapisi logam supaya tahan karat, membuat monel.
 - Tembaga, digunakan pada alat-alat elektronik dan perhiasan.

D. Penugasan Mandiri

Agar Ananda semakin memahami tentang materi Unsur-unsur Periode 3, lakukanlah kegiatan berikut ini secara mandiri

- Buatlah gambar grafik tentang kecenderungan sifat fisika dan kimia dari unsur-unsur golongan transisi periode 4 !

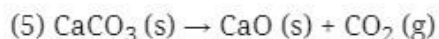
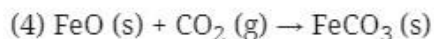
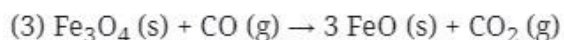
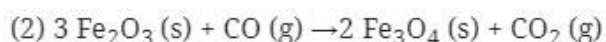
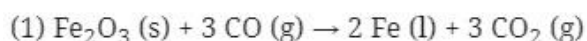
2. Dengan menggunakan data nomor atom, tentukan kekuatan sifat magnetik unsur logam transisi periode 4 dengan terlebih dahulu Anda buat konfigurasi electron dan diagram orbitalnya !
3. Buatlah tabel tentang proses pembuatan unsur-unsur golongan transisi periode 4 !

Kedua tugas mandiri tersebut silakan Anda kerjakan di buku tulis masing-masing. Kurun waktu pengerjaan tugas mandiri adalah selama satu minggu.

E. Latihan Soal

Pilihlah jawaban yang paling tepat !

1. Beberapa sifat unsur sebagai berikut
 (1) membentuk senyawa berwarna
 (2) titik leburnya rendah
 (3) dapat membentuk ion kompleks
 (4) *diamagnetik*
 (5) mempunyai berbagai macam bilangan oksidasi
 Sifat unsur transisi periode keempat ditunjukkan oleh....
 A. 1,3 & 5
 B. 1,2 & 3
 C. 1,4 & 5
 D. 2,4 & 5
 E. 3, 4 & 5
2. Senyawa unsur-unsur transisi periode keempat pada umumnya berwarna. Hal ini disebabkan karena....
 A. orbital d-nya terisi penuh
 B. orbital d-nya tidak terisi
 C. pengisian terakhir pada orbital d
 D. bersifat paramagnetic
 E. Elektron dalam keadaan berpasangan
3. Beberapa reaksi kimia sebagai berikut:



Reaksi yang terjadi pada peleburan besi pada tanur tinggi adalah....

- A. 1,2 & 3
- B. 1, 2, & 4
- C. 2,3 & 4
- D. 2,3 & 5
- E. 2,4 & 5

4. Berikut ini merupakan fungsi dari unsur transisi periode keempat.
 (1) Bahan pelapis besi
 (2) Penghantar Listrik
 (3) Bahan bangunan
 (4) Bahan penguat
 (5) Bahan agar menjadi bercahaya
 Yang merupakan fungsi dari titanium adalah....
 A. 1 dan 2
 B. 2 dan 3
 C. 3 dan 4
 D. 4 dan 5
 E. 1 dan 5
5. Urutan yang benar pada proses pengolahan tembaga dari bijih tembaga adalah....
 A. Elektrolisis-reduksi-pemekatan-pemanggangan
 B. Reduksi-elektrolisis-pemanggangan-pemekatan
 C. Pemekatan-reduksi-pemanggangan-elektrolisis
 D. Pemanggangan-reduksi-pemekatan-elektrolisis
 E. pemekatan-pemanggangan-reduksi-elektrolisis
6. Berdasarkan perbedaan sifat unsur maka seng dapat digunakan sebagai logam pelindung karena dengan udara ...
 A. Tidak dapat bereaksi
 B. Membentuk seng oksida
 C. Membentuk seng karbonat basa
 D. Membentuk seng hidroksida
 E. Membentuk asam zinkat
7. Pada umumnya unsur transisi bersifat paramagnetik. Hal ini disebabkan oleh ...
 A. Elektron terluarnya berada pada subkulit d
 B. Adanya elektron-elektron tidak berpasangan pada subkulit d
 C. Orbital-orbital pada subkulit d terisi penuh elektron
 D. Semua unsur transisi bersifat logam
 E. Adanya perpindahan elektron pada subkulit d yang tidak penuh
8. Berdasarkan proses *goldschmidt*, kromium dibuat melalui cara
 A. Elektrolisis leburan CrCl_2
 B. Reduksi Cr_2O_3 dengan karbon pijar
 C. Reaksi larutan $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ dengan Ag
 D. Reduksi Cr_2O_3 dengan Al
 E. Pemanasan Cr_2S_3
9. Konfigurasi elektron yang menyatakan unsur transisi adalah ...
 a. $1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^2, 3p^6, 3d^{10}$
 b. $1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^2, 3p^6, 3d^{10}, 4s^1$
 c. $1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^2, 3p^6, 3d^{10}, 4s^2, 4p^3$
 d. $1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^2, 3p^6, 3d^{10}, 4s^1, 4p^6, 5s^2$
 e. $1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^2, 3p^6, 4s^1, 3d^{10}, 4p^1$

10. Data dibawah ini menunjukkan warna beberapa ion unsur transisi

Ion Unsur Transisi	Sc +3	Ti 3+	Ti 4+	Cr 3+	Mn 2+	Mn 3+	Fe 2+	Ni 2+	Cu+	Cu2+
warna	Tak berwarna	ungu	Tak berwarna	Hijau ungu	Merah muda	Merah Coklat	Hijau Kotor	Hijau	Tak berwarna	Biru

Berdasarkan data diatas, senyawa MnO, TiCl₃, CuSO₄, dan NiO mempunyai warna berturut-turut ...

- merah coklat – ungu – Tak berwarna – hijau
- merah muda – Tak berwarna –biru – hijau
- merah coklat – ungu – biru – hijau
- merah muda – ungu – Tak berwarna – hijau
- merah muda – ungu – biru- hijau

Kunci Jawaban :

- | | |
|------|-------|
| 1. A | 6. B |
| 2. C | 7. B |
| 3. A | 8. D |
| 4. D | 9. B |
| 5. E | 10. E |

F. Penilaian Diri

Berilah tanda centang (v) pada kolom “Ya” jika kalian mampu dan “Tidak” jika belum mampu memahami kemampuan berikut:

No.	Kemampuan Diri	Ya	Tidak
1.	Mampu menganalisis kecenderungan sifat fisika dan kimia unsur golongan transisi (periode 4).		
2.	Mampu menganalisis kelimpahan unsur golongan transisi (periode 4) di alam.		
3.	Mampu menganalisis proses pembuatan unsur golongan transisi (periode 4).		
4.	Mampu menganalisis manfaat unsur golongan transisi (periode 4).		
5.	Mampu menyajikan data hasil penelusuran informasi sifat unsur golongan transisi (periode 4).		
6.	Mampu menyajikan data hasil penelusuran informasi pembuatan unsur golongan transisi (periode 4).		

Evaluasi

Pilihlah jawaban yang paling tepat !

1. Sifat-sifat unsur periode ketiga dari Na sampai Cl berikut adalah yang benar kecuali...
 - A. Sifat basa makin berkurang
 - B. Sifat asam makin bertambah
 - C. Afinitas elektron cenderung berkurang
 - D. Energi ionisasi cenderung bertambah
 - E. Keelektronegatifan unsur bertambah
2. Jika tingkat keasaman dan kebasaan senyawa hidroksida unsur-unsur periode ketiga dibandingkan, maka...
 - A. Cl(OH)_7 bersifat asam yang lebih kuat dari S(OH)_6
 - B. Si(OH)_4 bersifat asam yang lebih lemah dari Al(OH)_3
 - C. P(OH)_5 bersifat asam yang lebih kuat dari S(OH)_6
 - D. Si(OH)_4 bersifat basa yang lebih kuat dari Al(OH)_3
 - E. Mg(OH)_2 bersifat basa yang lebih lemah dari Al(OH)_3
3. Senyawa hidroksida unsur periode ketiga yang terionisasi menurut tipe : $\text{MOH} \rightarrow \text{M}^+ + \text{OH}^-$ adalah...
 - A. Si(OH)_4
 - B. P(OH)_5
 - C. Mg(OH)_2
 - D. Cl(OH)_7
 - E. S(OH)_6
4. Urutan unsur-unsur periode ketiga, dimana sifat pereduksinya makin besar adalah..
 - A. Na, Al, Si, S
 - B. S, Si, Al, Na
 - C. Al, Na, S, Si
 - D. Si, Na, S, Al
 - E. Na, S, Si, Al
5. Jika dibandingkan sifat antara unsur-unsur natrium dengan magnesium maka natrium
 - A. lebih bersifat basa
 - B. lebih bersifat asam
 - C. energi ionisasinya lebih tinggi
 - D. jari-jari atomnya lebih kecil
 - E. keelektronegatifannya lebih tinggi
6. Perhatikan unsur-unsur dengan nomor atom berikut :

${}_{11}\text{X}$

${}_{15}\text{Y}$

${}_{17}\text{Z}$

Jika unsur X,Y,Z adalah unsur-unsur periode ketiga. Pertanyaan yang benar tentang sifat unsur tersebut adalah

- A. Unsur x bersifat non logam
 - B. Keelektronegatifan unsur $\text{X} > \text{Y} > \text{Z}$
 - C. Ketiga unsur tersebut memiliki jumlah elektron valensi yang sama.
 - D. Y dan Z dapat membentuk senyawa dengan rumus Y_3Z
 - E. Jari-jari atom unsur $\text{X} > \text{Y} > \text{Z}$
7. Perhatikan sifat berikut
 - Bereaksi dengan oksigen membentuk lapisan tipis oksida yang melindungi dari oksida lebih lanjut
 - Bereaksi dengan asam membebaskan gas hidrogen

- Apabila dipanaskan kuata diudara akan terbakar membentuk oksida dan sedikit nitrida

Dari pernyataan diatas termasuk ciri-ciri sifat unsur

- Natrium
 - Magnesium
 - Aluminium
 - Silikon
 - Fosfor
- Unsur periode ketiga yang dibuat dengan cara elektrolisis adalah ...
 - Na, Cl, Al, Mg
 - Si, Na, Al, P
 - Al, Si, P, S
 - P, S, Cl, Ar
 - Mg, Al, Si, P
 - Bahan baku utama dalam pembuatan almunium adalah
 - Dolomit
 - Magnesit
 - Pirit
 - Bauksit
 - Kalkopirit
 - Alumunium tergolong logam tahan korosi. Sifat inilah yang menyebabkan alumunium dipakai dalam industri kecil
 - Untuk membuat logam campur
 - Untuk membuat reaksi termit
 - Sebagai pereduksi berbagai macam oksida
 - Untuk membuat berbagai peralatan dapur
 - Untuk membuat roda pesawat terbang
 - Beberapa sifat unsur sebagai berikut :
 - 1) Titik didih tinggi
 - 2) Titik lebur rendah
 - 3) Dapat membentuk senyawa kompleks
 - 4) *Diamagnetik*
 - 5) *Paramagnetik*
 Sifat unsur transisi periode 4 ditunjukkan oleh
 - 1, 2, 3
 - 1, 3, 5
 - 2, 3, 4
 - 2, 3, 5
 - 3, 4, 5
 - Logam golongan transisi terbagi menjadi beberapa sifat magnetik sesuai dengan jumlah elektron tidak berpasangan di orbital d yang dimilikinya. Pernyataan yang benar mengenai sifat tersebut adalah
 - Logam transisi yang semua elektronnya berpasangan bersifat *paramagnetik*
 - Logam transisi bersifat *diamagnetik* karena mempunyai elektron tidak berpasangan
 - Sifat *diamagnetik* unsur logam transisi semakin besar seiring jumlah elektron tidak berpasangan
 - Semakin banyak elektron tidak berpasangan, sifat kemagnetan unsur logam transisi semakin meningkat

E. Logam-logam unsur transisi bersifat *feromagnetik* akibat tidak mempunyai elektron tidak berpasangan

13. Beberapa mineral berikut ini terdapat di alam.

- | | |
|------------|---------------|
| 1) Vanadit | 4) Kalkopirit |
| 2) Hematit | 5) Limonit |
| 3) Siderit | 6) Kalkosit |

Di antara mineral-mineral di atas yang mengandung besi adalah ...

- A. Vanadit, hematit, dan kalkopirit
- B. Hematit, kalkosit, dan kalkopirit
- C. Hematit, siderit, dan timonit
- D. Vanadit, siderit, dan kalkosit
- E. Siderit, limonit, dan kalkosit

14. Tabel berikut berisi data nama unsur serta proses pembuatannya.

No	Unsur	Nama Proses
1	Titanium	Kontak
2	Kromium	Goldschmidt
3	Besi	Tanur tiup
4	Tembaga	Hall-heroult

Pasangan data yang keduanya berhubungan dengan tepat ditunjukkan oleh nomor

- A. 1 dan 2
- B. 1 dan 3
- C. 2 dan 3
- D. 2 dan 4
- E. 3 dan 4

15. Berikut ini tabel tentang nama bijih mineral dan unsur yang terkandung dalam bijih tersebut :

No	Nama Bijih	Kandungan Unsur
1	Bauksit	Titanium
2	Kalkopirit	Tembaga
3	Hematit	Besi
4	Pyrit	Nikel
5	Pirolusit	Mangan

Hubungan yang sesuai antara bijih dan unsur yang dikandungnya adalah nomor ...

- A. 1 dan 5
- B. 2 dan 3
- C. 2 dan 4
- D. 2 dan 5
- E. 3 dan 5

Kunci Jawaban :

- | | | |
|------|-------|-------|
| 1. C | 6. E | 11. B |
| 2. A | 7. C | 12. D |
| 3. C | 8. A | 13. C |
| 4. B | 9. D | 14. C |
| 5. D | 10. D | 15. E |

Daftar Pustaka

Brady, James E. 1990. *General Chemistry (Principle and Structures)*. New York: John Wiley and Sons.

Harnanto, Ari dan Ruminten. 2009. *KIMIA 3 Untuk SMA/MA Kelas XII*. Jakarta : Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional.

Utami, Budi, dkk. 2009. *KIMIA Untuk SMA/MA Kelas XII Program Ilmu Alam*. Jakarta : Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional.

<https://id.scribd.com/doc/246730709/Cara-Pembuatan-Logam-Transisi-Periode-4>
diunduh pada 15 Agustus 2020

<https://kimiarini.wordpress.com/2014/12/14/unsur-unsur-periode-ketiga/> diunduh
pada 16 Agustus 2020

<https://soalkimia.com/soal-dan-pembahasan-kimia-unsur-periode-ketiga/> diunduh
pada 14 Agustus 2020

<https://vdokumen.com/kimia-unsur-periode-3.html> diunduh pada 14 Agustus 2020

https://www.academia.edu/10184302/Kimia_unsur_transisi_periode_4 diunduh pada
15 Agustus 2020

<https://www.slideshare.net/nufsey/unsur-transisi-periode-keempat> diunduh pada 16
Agustus 2020

Pangajunto, Teguh dan Tri Rahmidi. 2009. *KIMIA 3 Untuk SMA/MA Kelas XII*. Jakarta :
Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional.

www.chem-is-try.org diunduh pada 14 Agustus 2020